ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

VOLUME 19 1969 NUMÉRO 3
TRIMESTRIEL

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AAP19.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
— S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

— H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C.N.R.Z.

Annales de Technologie agricole.

— M. FLANZY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux.
— G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— A. FRANÇOIS, Chef du Département de Recherches de Nutrition.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales de Physiologie végétale.

— Y. COÏC, Chef du Département de Physiologie végétale.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Directeur de la Station d'Amélioration des Arbres forestiers, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Recherches d'Économie et de Sociologie rurales.

— D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Recherches d'Hydrobiologie continentale.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.
— R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie continentale, 64 - Biarritz.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

VOLUME 19 1969 NUMÉRO 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, Rue de Grenelle, PARIS-7e

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 227-238.

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES MUTANTS SPURS DE POMMIER ; HÉRÉDITÉ DU CARACTÈRE

L. DECOURTYE et B. LANTIN
avec la collaboration technique de Denise MARTIN et A. RENOUX

Station de Recherches d'Arboriculture fruitière, de Viticulture et d'Œnologie, 49 - Angers
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

L'irradiation de différents mutants *spurs* de *Starking Delicious* et de *Golden Delicious* a permis de préciser la structure apicale de la plupart d'entre eux. Des hybridations entre ces deux groupes variétaux montrent que le caractère *spur* peut se transmettre aux semis. Des hypothèses génétiques simples sont proposées pour rendre compte des différences observées entre les descendances.

INTRODUCTION

L'amélioration variétale du pommier a été marquée, au cours de ces dernières années, par l'apparition de mutants *spurs*, dont la caractéristique essentielle réside en une entrée en production plus rapide associée à un volume de l'arbre plus réduit.

Les cultivars issus de mutations naturelles ne sont pas chose rare dans le verger mondial, puisque 40 p. 100 d'entre eux ont une telle origine(BALDINI, 1967). Mais il ne s'agit le plus souvent que de mutations affectant l'épiderme des fruits dans le sens plus coloré ou bronzé. D'autres mutations, se traduisant par une déficience chlorophyllienne dans certaines parties de l'arbre, sont également représentées assez fréquemment dans les collections, surtout chez l'espèce poirier. Une première mutation de type *spur* fut observée vers 1930 sur la variété *Red Delicious* et reçu le nom d'*Okanoma*. Mais ce mutant, au fruit mal coloré, ne connut pas de succès commercial et passa inaperçu. Il fallut attendre les années 1950 pour entendre parler de plusieurs mutants de ce type issus de la variété *Starking Delicious*. Dans une variété où la première récolte se fait longuement attendre (7, 8 ans) ces mutants ont été très rapi-

dement introduits en culture. Depuis ces premiers succès, la liste des mutants *spurs* s'est considérablement allongée : quelques dizaines pour les variétés *Starking Delicious* et *Golden Delicious* ; il en existe également pour les variétés *Winesap, Lodi, Granny Smith,* et on en soupçonne chez beaucoup d'autres.

L'apparition spontanée de ces mutants a incité différents chercheurs à obtenir de tels types par mutagenèse provoquée. Au Canada, LAPINS a isolé plusieurs mutants de vigueur réduite dans les variétés de Pommier *McIntosh, Spartan* et *Golden* ainsi que dans la variété de cerisier *Lambert,* pour laquelle l'un d'entre eux fait déjà l'objet d'une diffusion commerciale. Nous-mêmes, nous avons isolé à la suite d'un tel programme des types moins vigoureux dans les variétés de pommier *Stark Earliest, July Red, Reine des Reinettes, Tydeman Early Worcester, Starking Delicious, Golden Delicious, Melrose, Reinette du Mans,* et dans la variété de cerisier *Géant d'Hedelfingen.* La productivité de ces différents clones reste toutefois à préciser.

Du point de vue fondamental, on peut se demander quelle peut être la cause physiologique d'un tel ensemble de modifications morphologiques. PROANO et GREENE (1968) ont montré qu'un mutant nain de haricot, dont l'hérédité s'est révélée monogénique, diffère de la variété parentale par l'absence d'un facteur d'élongation cellulaire ayant des propriétés analogues aux gibérellines. On peut penser qu'un mécanisme hormonal de cet ordre est responsable du caractère *spur.* D'autre part, la plupart des mutants de couleur de fruits étudiés jusqu'ici apparaissent comme des chimères périclines. Si le caractère *spur* se comporte de la même façon, il est important de connaître la composition structurale des mutants si l'on veut les utiliser dans un programme d'hybridation : en effet, il est indispensable, dans ce cas, que la lignée cellulaire responsable de la formation des gamètes soit affectée par la mutation.

I. — MATÉRIEL

Deux groupes variétaux intercompatibles ont été retenus dans cette étude, l'un dérivé de la variété à fruits rouges *Starking Delicious,* l'autre de la variété à fruits jaunes *Golden Delicious.*

L'origine des différents mutants, dont la liste s'allonge chaque jour, est rappelée en se référant à BROOKS et OLMO avec mention de l'état sanitaire des clones utilisés lorsqu'il est connu.

Starking Delicious : mutation plus colorée de la variété *Delicious,* sans que la vigueur ait été modifiée. Elle est utilisée ici comme témoin de vigueur pour le groupe variétal à fruits rouges.

Wellspur : (liste 14) mutation de type *spur* de la variété *Starking Delicious,* repérée en 1952 à Wenatchee, Washington, par LESTER GREEN et CLIFFORD NELSON.

Starkrimson : (liste 11) mutation de type *spur* de la variété *Starking Delicious,* repérée à l'état d'arbre entier en 1953 à Hood River, Oregon, par ROY BISBEE.

Redspur : (liste 12) mutation de type *spur* repérée à Yakima, Washington, par E. J. GILBERT et introduite commercialement en 1957. Le clone que nous avons utilisé est porteur de virus latents (*Chlorotic leaf spot* et *stem pitting*) mais il est exempt des virus du « Bois caoutchouc » et de la mosaïque.

L'état sanitaire des clones précédents n'est pas connu.

Golden Delicious : semis de hasard, découvert vers 1890 et introduit commercialement en 1916. Cette variété représente le témoin de vigueur pour les types suivants. Le clone utilisé héberge tous les virus latents connus et celui du « bois caoutchouc ».

Yellospur : (liste 18) mutation de type *spur,* repérée en 1959 à Oroville (Washington) par Oscar THORNTON. C'est le clone le plus sain que nous ayons utilisé, puisqu'il n'héberge qu'un « *chlorotic leaf-spot* » peu marqué.

Goldspur : (liste 18) mutation de type *spur* repérée en 1960 à Roosevelt, Washington, par GRADY AUVIL. Deux origines ont été utilisées, qui diffèrent vraisemblablement par leur état sanitaire, le clone B hébergeant un spectre viral du même ordre que celui de la *Golden* témoin.

Golden Morspur : mutation de type *spur* dont nous n'avons pas retrouvé l'origine et qui nous a été fournie par Charles ANDRÉ, arboriculteur à Villers-Cotterets dans l'Aisne. L'état sanitaire de ce mutant n'est pas connu.

Starkspur Golden Delicious : (liste 17) mutation de type *spur* repérée en 1959 à Yakima, Washington par P.-J. JENKINS. Le clone utilisé héberge quelques virus latents et du « Bois caoutchouc ».

Dans un but de simplification, nous ne reprendrons pas dans la suite du texte le terme de *Delicious* chaque fois qu'il intervient dans la dénomination variétale.

II. — MÉTHODES

A. — *Irradiation de rameaux greffons*

Des rameaux dormants ont été soumis à un rayonnement γ de 4 000 rads sous un débit de 1 000 rads/heure. Ces rameaux ont été ensuite greffés (greffe en fente à trois yeux) sur des arbres francs vigoureux. Chaque bourgeon irradié a alors donné naissance dans l'année à un rameau, sur lequel on a prélevé à quelque distance de la base cinq yeux consécutifs, écussonnés sur porte-greffe clonal (MM 106). Ces cinq écussons ont donné l'année suivante une famille de cinq scions, dont on a mesuré les hauteurs. Des témoins de vigueur normale étaient établis à raison de 150 à 250 scions.

B. — *Hybridations*

L'autostérilité ne permettant pas l'autofécondation des variétés de pommiers, nous avons retenu deux groupes variétaux intercompatibles *Golden* et *Starkspur Golden* d'une part, *Starking*, *Starkrimson* et *Redspur* d'autre part. Les grains de pollen de ces différentes variétés ont été observés au microscope dans une solution de fuchsine acide à 1 p. 1 000 dans le lactophénol d'Amann. Leur faculté germinative a été déterminée après un ensemencement assez dense sur milieu gélosé sucré (gélose 1 p. 100, saccharose 15 p. 100) maintenu 48 heures à 20°. Le comportement des gamètes femelles a été évalué par comptage du nombre d'embryons développés dans des fruits issus de fécondation libre, tous les arbres étant soumis à une même population d'allopollen très variée. Cette observation a été faite sur trois échantillons d'une centaine de fruits prélevés respectivement avant et après la chute physiologique de juin et parmi les fruits tombés à ce stade. Tous les croisements ont été réalisés la même année dans de bonnes conditions climatiques. Le nombre de pépins hybrides a été décompté fruit par fruit à la récolte et la fertilité des différents croisements a été comparée par la méthode du χ^2.

Deux cents cinquante pépins hybrides environ ont été obtenus dans chaque croisement. Après une stratification de 65 jours à + 2°C, ces pépins ont été semés en serre dans des conditions aussi homogènes que possible, transplantés en fertilpots, puis placés en champ selon un dispositif à 12 blocs comportant vingt plantes par parcelle élémentaire. Les hauteurs des semis ont été mesurées après un an et deux ans de végétation. La probabilité d'ajustement à une distribution normale des hauteurs de semis à 1 an et à 2 ans a été calculée pour les différents croisements selon la méthode du χ^2.

III. — RÉSULTATS

A. — *Irradiation de types* spurs

Les hauteurs moyennes des scions des différents mutants figurent au tableau 1. A l'exception de *Yellospur*, les mutants se distinguent tous très nettement de la variété parentale. Bien entendu, le nombre et la virulence des virus hébergés par chacun des clones contribuent également à réduire la hauteur des scions. Il est vraisemblable que le mauvais état sanitaire de *Golden* allié au bon état sanitaire de *Yellospur* a contribué à minimiser la différence entre les deux variétés. Parmi les mutants dérivés de *Starking*, *Redspur* apparaît significativement plus court que *Wellspur* et *Starkrimson*.

Le rayonnement gamma a pour caractéristique de provoquer avec une fréquence relativement élevée la formation d'apex homogènes reconstitués à partir de l'une des couches de la chimère (DECOURTYE, 1967). Dans l'hypothèse d'une structure chimé-

TABLEAU I

Répartition des hauteurs des scions de différents mutants spur *après irradiation*

Variétés	Hauteur moyenne en cm	Nombre de familles analysées	Nombre de familles pouvant appartenir avec une probabilité de 5 p. 100 à la population témoin	
			Hauteur inférieure à la moyenne	Hauteur supérieure à la moyenne
Golden	**150,5**	250 (*)		
Yellospur	**145,7**	39	21	11
Goldspur clone A	*132,6*	37	1	0
Goldspur clone B	108,5	8	0	0
Goldmorspur	110,9	12	0	0
Starkspur Golden	102,6 (**)	57	0	0
Starking	**168,2**	150 (*)	—	—
Wellspur	*141,6*	19	0	0
Starkrimson	*138,5*	42	0	0
Redspur	132,5	16	0	0

Nota : Les valeurs affectées du même symbole ne sont pas différentes entre elles au seuil de 5 p. 100.
(*) Nombre de scions utilisés pour caractériser la distribution du parent standard, sans irradiation.
(**) Significativement différent du témoin, mais ce résultat ne doit pas être comparé aux autres valeurs des spurs.

rique du type *spur*, on doit s'attendre à retrouver, dans les multiplications de bourgeons irradiés, des familles nettement plus grandes représentant des retours au type d'origine. Si l'on fait abstraction du cas particulier que constitue *Yellospur*, on constate qu'une seule famille parmi les 191 étudiées pourrait appartenir à la distribution des hauteurs du parent *standard*. Une si faible fréquence rend peu probable l'hypothèse d'une structure en chimère. L'apparition, après irradiation, de quelques familles plus vigoureuses que le clone de départ est un phénomène général et les types *spurs* se comportent de ce point de vue comme les autres variétés. En effet, nous avons observé de telles familles avec une fréquence de l'ordre de 10 p. 100 dans les multiplications végétatives des bourgeons irradiés des variétés de pommier *Stark Earliest, Reine des Reinettes, Golden, Starking, Melrose,* ainsi que dans la variété de poirier *Passe-Crassane.*

Il semble donc bien, qu'à la différence des sports colorés ou bronzés dont la structure a été étudiée, les mutants de type *spur* aient une structure homogène. On peut penser que les différences physiologiques entre une cellule de génotype *spur* et une cellule de génotype *standard* sont trop importantes pour qu'elles puissent constituer des chimères stables. Les seuls mutants que l'on ait pu observer, toujours à l'état d'arbres entiers d'ailleurs, proviendraient donc de méristèmes constitués totalement

par des cellules affectées par la mutation *spur*. Dans ces conditions, ce caractère est nécessairement présent dans la couche de gamétogenèse et on doit pouvoir le mettre en évidence dans les semis.

B. — *Hybridations*

Le comportement des gamètes mâles et femelles des *spurs* et des témoins en fécondation libre figure au tableau 2.

TABLEAU 2

Comportement des gamètes mâles et femelles des types spurs *et témoins*

Variétés	Taux de germination du pollen (moy. de 5 comptages de 200 grains	Nombre de pépins par fruit en fécondation libre		
		Avant la chute physiologique	Dans les fruits tombés	Après la chute physiologique
Golden	66,0	7,25		
Starkspur Golden	**76,7**	7,84		
Starking	84,1	6,07	5,50	6,32
Redspur	*88,1*	5,64	*4,93*	5,94
Starkrimson	*90,2*	5,56	*5,05*	5,78

Dans une même colonne, les valeurs **en gras** diffèrent du témoin au seuil de 1 pour mille. Les valeurs *en italique* diffèrent du témoin au seuil de 10 p. 100.

Dans tous les échantillons, l'observation du pollen dans la solution de fuchsine a montré un pollen parfaitement régulier et bien coloré. L'examen des taux de germination fait apparaître un léger avantage en faveur des types *spurs* (hautement significatif pour *Starkspur Golden*, non significatif pour *Redspur* et *Starkrimson*). L'hypothèse génétique peut ne pas être seule en cause, car des différences dans la nature des virus hébergés sont capables de provoquer de tels écarts (MARENAUD, 1965).

Dans le groupe *Golden*, on ne constate pas de différence pour le nombre d'ovules fécondés par fruit dans les jours qui ont suivi la nouaison, alors qu'il y en a significativement moins à la récolte sur *Starkspur* (tabl. 3 (1) et (3)). Dans le groupe *Starking*, on constate un déficit léger mais systématique du nombre d'ovules fécondés sur les types *spurs*. Cette différence est la plus grande (limite de signification à 10 p. 100) pour les fruits qui tombent lors de la chute physiologique de juin. Des études physiologiques ont montré le rôle primordial des pépins dans le maintien du fruit sur l'arbre jusqu'à ce stade. On peut donc penser que la réduction du nombre moyen de pépins par fruit constatée chez les *spurs* est le reflet d'une aptitude plus grande à conserver une population de fruits mal fécondés, tandis qu'elle se trouve éliminée chez la variété *standard*.

Le tableau 3 indique le nombre moyen de pépins par fruit obtenus dans différentes combinaisons parentales. L'application d'un test 2 $\hat{I}$ à la distribution du nombre de fruits en fonction du nombre de pépins pour ces 6 croisements, a permis de distin-

guer 4 groupes de fertilité. La comparaison des croisements (1) et (3) d'une part, (2) et (5) d'autre part, montre qu'à parent mâle constant les fruits de *Starkspur Golden* contiennent à la récolte 1,5 pépins de moins que ceux de *Golden*.

TABLEAU 3

Nombre moyen de pépins par fruit dans différentes combinaisons hybrides standard × spur

Croisement	Nombre moyen de pépins par fruit	Réduction du nbre de pépins par rapport au croisement standard
1. *Golden* × *Starking*	**7,51**	0,00
2. *Golden* × *Redspur*.....	*6,95*	0,56
3. *Starkspur Golden* × *Starking*	*6,10*	1,41
4. *Starkrimson* × *Golden*	*6,00*	1,51
5. *Starkspur Golden* × *Redspur*	5,56	1,95
6. *Starkrimson* × *Starkspur Golden*	*4,63*	2,88

Les valeurs affectées du même symbole ne sont pas différentes entre elles au seuil de 5 p. 100.

La comparaison des croisements (1) et (2), (3) et (5), (4) et (6) montre qu'à parent femelle constant, l'utilisation d'un parent de type *spur* réduit le nombre de pépins par fruit de 1,5 pour *Starkspur Golden* et de 0,6 pour *Redspur*. Cette réduction est particulièrement intéressante du fait que, transmise par le grain de pollen, elle ne peut être que d'origine nucléaire. Elle conduit à envisager un coefficient sélectif particulier du caractère *spur*. Un coefficient sélectif défavorable, entraînant par exemple la létalité d'une partie des embryons, ne pourrait se concevoir que si cette létalité survenait tardivement afin que son effet se manifeste après la chute de juin. Or, des embryons avortant tardivement sont parfaitement repérables au moment de la récolte sous forme de pépins plats. Une telle remarque n'a pas été faite. Par contre, un coefficient sélectif favorable, entraînant par exemple une plus grande activité hormonale de l'embryon porteur de ce caractère, permet de comprendre qu'un fruit puisse rester sur l'arbre avec un nombre d'embryons moindre. Une telle hypothèse a l'avantage de faire appel à la même idée, pour rendre compte des réductions du nombre d'embryons observés lorsque le parent *spur* est utilisé soit comme femelle, soit comme mâle.

C. — *Étude des hybrides*

Dans certains croisements de Pommier, on distingue nettement après les premiers mois de végétation en serre des individus nains. Ce caractère est déterminé par l'état homozygote récessif d'un seul locus, *nn* (DECOURTYE, 1967). Aucune des combinaisons effectuées entre les groupes *Golden* et *Starking* n'ayant conduit à de telles plantes, on en déduit que le génotype de *Starking* est homozygote dominant NN, puisque la constitution hétérozygote N*n* de *Golden* était déjà connue.

Les hauteurs des plants issus des pépins hybrides ont été mesurées à 1 an et à 2 ans. Les moyennes et variances de ces observations sont rassemblées au tableau 4. Un effet bloc important, manifestement dû au terrain, nous a conduit à corriger les hauteurs pour s'aligner sur la valeur d'un bloc moyen. Les probabilités d'ajustement à une distribution normale de ces hauteurs corrigées figurent au tableau 4. Bien que les diagrammes de répartition du nombre de semis en fonction de leur taille laissent présager l'existence de plusieurs catégories de semis (fig. 1), l'effectif de 240 individus

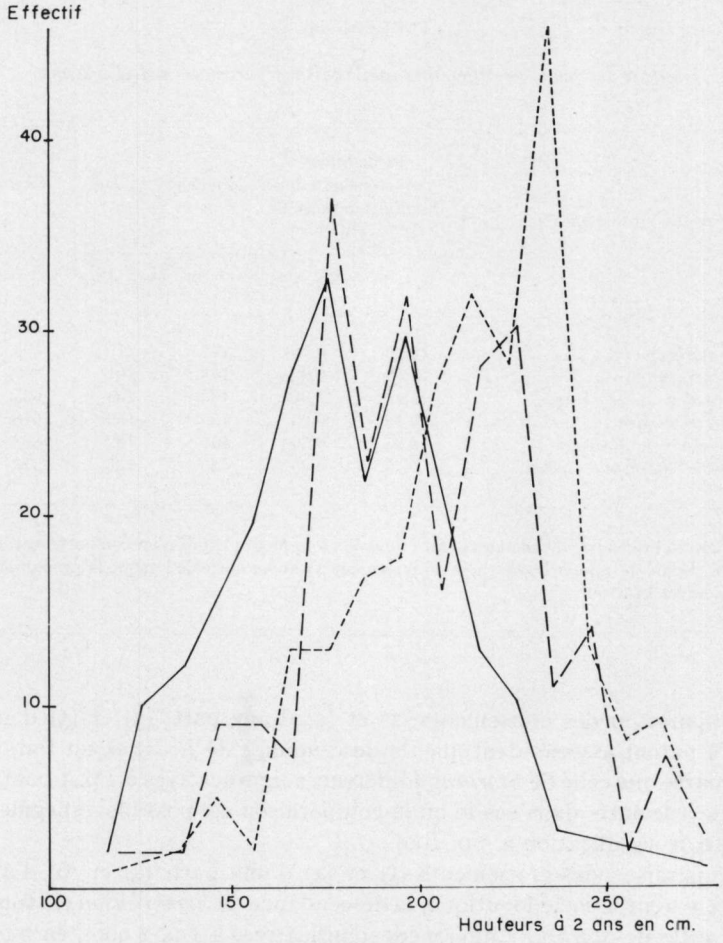


FIG. 1. — *Diagramme de répartitions dans différentes classes de semis âgés de 2 ans dans trois descendances :*

----- *Golden* × *Starking*
— — — *Starkrimson* × *Golden*
——— *Starkrimson* × *Starkspur Golden*

n'est pas suffisant pour le mettre en évidence, et les probabilités d'ajustement à des distributions normales sont acceptables dans la plupart des cas. Seul le croisement *Golden* × *Starking* s'écarte notoirement à 2 ans d'une telle distribution, essentielle-

ment par l'apparition d'une classe importante de semis très vigoureux qui rendent la courbe dissymétrique. Ce pic dans la distribution réduit artificiellement la valeur trouvée pour le carré moyen, et nous n'utiliserons pas ce dernier dans les tests statistiques courants réservés aux variables gaussiennes. Cette distribution anormale, qui ne se manifeste qu'à deux ans, traduit une meilleure séparation des différents génotypes et nous nous sommes plus particulièrement intéressés dans ce qui suit aux valeurs mesurées à deux ans (tabl. 4).

TABLEAU 4

Hauteur des semis de différentes combinaisons parentales à 1 et à 2 ans

Nature du croisement (1)	Probabilité d'ajustement à une distribution normale (2)		Moyennes en cm		Carrés moyens	
	à 1 an	à 2 ans	à 1 an	à 2 ans	à 1 an	à 2 ans
1. *Golden* × *Starking*	0,30	0,001	162	213	692	928
2. *Golden* × *Redspur*	0,50	0,90	148	201	809	1 157
3. *Starkspur Golden* × *Starking*	0,28	0,30	153	205	635	966
4. *Starkrimson* × *Golden*	0,18	0,05	135	199	618	1 036
5. *Starkspur Golden* × *Redspur*	0,05	0,30	140	192	638	786
6. *Starkrimson* × *Starkspur Golden*	0,75	0,25	125	186	373	836

(1) Il y a 240 hybrides par descendance, sauf pour le croisement (4) qui n'en comporte que 135.
(2) Il a été décidé de rejeter l'hypothèse d'ajustement à une loi normale lorsque la probabilité correspondante est inférieure à 1 p. 100.

La comparaison des croisements (1) et (2) d'une part, (3) et (5) d'autre part, montre qu'à parent associé identique, la descendance de *Redspur* est toujours beaucoup plus courte que celle de *Starking* (différences significatives à 1 p. 1 000), en même temps que la variance, dans cas le où la comparaison est possible, est également plus faible (limite de signification à 5 p. 100).

La comparaison des croisements (1) et (4) d'une part, (3) et (6) d'autre part, montre qu'à parent associé identique, la descendance de *Starkrimson* est toujours plus courte que celle de *Starking* (différences significatives à 1 p. 1 000), en même temps que la variance dans le cas où la comparaison est possible, est également plus faible (probabilité d'un tel écart égale 0,25).

La comparaison des croisements (1) et (3), (2) et (5), (4) et (6) respectivement, montre, qu'à parent associé identique, les descendances de *Starkspur Golden* sont toujours beaucoup plus courtes que celles de *Golden* (différences significatives à 1 p. 1 000) en même temps que les variances, dans les deux cas où la comparaison est possible, sont également plus faibles (probabilités comprises entre 0,05 et 0,10).

La comparaison des croisements (2) et (4) d'une part, (5) et (6) d'autre part,

montre, qu'à parent associé identique, la descendance de *Starkrimson* est légèrement plus courte que celle de *Redspur* (significatif à 0,01 entre les combinaisons 5 et 6) tandis que les variances sont très voisines.

Il apparaît donc avec netteté que la moyenne des descendants d'un mutant *spur* est toujours plus petite que la moyenne des descendants du parent d'origine. Le caractère *spur* est donc bien présent dans la couche génératrice des gamètes. La comparaison des deux types *spurs* de *Starking* permet également de penser qu'ils ne sont pas identiques et qu'ils résultent donc de deux événements mutationnels différents.

Retenant comme indice du caractère *spur* la compacité de l'entre-nœud, ARASU (1968) a trouvé dans les semis de deux *spurs* de *Starking* davantage de plantes à entre-nœuds compacts que dans les semis de la variété-mère. Par contre, il n'a pas observé de différences entre les semis de *Starkspur Golden* et ceux de *Golden*.

La réduction systématique de la variance dans les croisements *spur* × *spur* par rapport aux croisements *standard* × *spur* permet de conclure que les premiers comportent moins de phénotypes que les seconds. Le plus grand nombre de phénotypes se trouve donc obtenu dans le croisement *standard* × *standard*, déduction qui recoupe l'impossibilité d'ajuster cette descendance à une distribution normale.

Une analyse semblable appliquée aux hauteurs de semis à 1 an conduit à des conclusions identiques en ce qui concerne les hauteurs, mais moins nettes à l'égard des variances.

IV. — INTERPRÉTATION GÉNÉTIQUE

Plusieurs modèles génétiques peuvent rendre compte des distributions observées. Pour des raisons de vraisemblance, nous supposons que l'apparition du caractère *spur* est un phénomène monogénique intéressant un locus différent pour chacun des trois types *spurs* étudiés. Nous supposons également que les deux variétés d'origine, *Golden Delicious* et *Starking Delicious* sont de constitution hétérozygote à chacun de ces trois loci (A*a* B*b* C*c*), et que le caractère *spur* résulte de la mutation d'un gène dominant vers un gène récessif, comme le montre généralement l'étude génétique des mutants. On est alors conduit à affecter à chacune des 5 variétés les génotypes suivants :

Golden	A*a* B*b* C*c*
Starkspur Golden	*aa* B*b* C*c*
Starking	A*a* B*b* C*c*
Redspur	A*a* *bb* C*c*
Starkrimson	A*a* B*b* *cc*

Si nous considérons la hauteur d'un semis comme déterminée quantitativement par le nombre de gènes dominants qu'il comporte (effets additifs), s'ajoutant à une hauteur moyenne de base conférée par le fond génétique moyen, il est possible de calculer la hauteur attendue d'un croisement quelconque entre l'un de ces cinq parents.

Si m, p, q et r désignent respectivement la valeur du fond génétique moyen, la

hauteur conférée par une dose de A, la hauteur conférée par une dose de B et la hauteur conférée par une dose de C, la hauteur moyenne de la descendance sera entre :

Golden × *Starking*	$m + p + q + r$	(1)
Golden × *Redspur*	$m + p + \frac{q}{2} + r$	(2)
Starkspur Golden × *Starking*	$m + \frac{p}{2} + q + r$	(3)
Starkrimson × *Golden*	$m + p + q + \frac{r}{2}$	(4)
Starkspur Golden × *Redspur*	$m + \frac{p}{2} + \frac{q}{2} + r$	(5)
Starkrimson × *Starkspur Golden*.....	$m + \frac{p}{2} + q + \frac{r}{2}$	(6)

En identifiant les valeurs théoriques (1) à (6) aux valeurs observées correspondantes (tabl. 4), nous sommes conduits à un système de 6 équations à 4 inconnues. La résolution de ce système par la méthode des moindres carrés confère aux quatre variables les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} m &= 135{,}74 \text{ cm} \\ p &= 20{,}33 \text{ cm} \\ q &= 25{,}50 \text{ cm} \\ r &= 32{,}86 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ces réductions de hauteur conférées aux semis par l'absence d'un allèle dominant apparaissent du même ordre de grandeur que les réductions de hauteurs observées sur les mutants eux-mêmes (tabl. 1).

Il y a lieu toutefois de vérifier si le modèle génétique envisagé est suffisant. En portant les valeurs trouvées pour m, p, q et r dans les formules (1) à (6), nous obtenons pour chacun des croisements j une moyenne théorique $\hat{\bar{x}}_j$ qu'il faut comparer à la moyenne observée $\bar{x}_j$. Ces moyennes n'étant pas distribuées multinomialement, il y a lieu d'utiliser comme critère d'ajustement l'expression :

$$\sum_j = \frac{(\bar{x}_j - \hat{\bar{x}}_j)^2}{s^2_{\bar{x}_j}}$$

dans laquelle $s^2_{\bar{x}_j}$ désigne la variance de la moyenne du croisement j. Cette expression est distribuée approximativement comme un χ^2, avec deux degrés de liberté, puisque quatre paramètres m, p, q et r, ont été calculés à partir des données recueillies sur les 6 croisements. La valeur du χ^2 ainsi obtenu correspond à une probabilité proche de 0,50.

A partir des tableaux de disjonction construits pour chaque croisement, il est également possible de calculer un effectif théorique pour les différentes catégories de hauteur conférée par chaque génotype. Le tableau 5 indique, pour le croisement le plus complexe *Golden* × *Starking*, les 27 génotypes prévisibles, les hauteurs calculées correspondantes et leur fréquence. Il est alors possible de comparer les effectifs cumulés calculés avec les effectifs cumulés observés (tabl. 5) par un critère χ^2, en ne

TABLEAU 5

Répartition calculée et observée dans différentes classes de hauteur des semis Golden × Starking *à 2 ans*

Constitution génétique Nombre d'allèles A B C	Hauteur calculée correspondante en cm	Fréquence	Effectifs cumulés		Limite supérieure de classe en cm
			Attendus	Observés	
0 0 0	135,74	1			
1 0 0	156,07	2	11,25	10	160
0 1 0	161,24	2			
0 0 1	168,60	2	26,25	23	170
2 0 0	176,40	1	30,00	36	180
1 1 0	181,57	4			
0 2 0	186,74	1			
1 0 1	188,93	4	63,75	53	190
0 1 1	194,10	4	78,75	71	200
0 0 2	201,46	1			
2 1 0	201,90	2			
1 2 0	207,07	2			
2 0 1	209,26	2	105,00	98	210
1 1 1	214,43	8			
0 2 1	219,60	2	142,50	130	220
1 0 2	221,79	2			
0 1 2	226,96	2			
2 2 0	227,40	1	161,25	158	230
2 1 1	234,76	4			
1 2 1	239,93	4	191,25	204	240
2 0 2	242,12	1			
1 1 2	247,29	4	206,25	217	250
0 2 2	252,46	1			
2 2 1	260,26	2	217,50	225	260
2 1 2	267,62	2	225,00	234	270
1 2 2	272,79	2			
2 2 2	293,32	1			
Total	.....	64	240,00	240	

retenant que 10 degrés de liberté puisque la hauteur moyenne de la descendance a été utilisée pour fixer la valeur des paramètres. Un tel calcul conduit à une probabilité d'ajustement de 0,70.

CONCLUSION

L'étude de descendances de mutants *spurs* des variétés *Starking Delicious* et *Golden Delicious* a montré que le caractère *spur* se transmet à la descendance sous la forme d'une réduction de la hauteur moyenne des jeunes plants, observable dès la première année. Toutefois, la méiose introduisant un brassage considérable dans l'ensemble des gènes qui concourent à fixer la hauteur d'un semis, on ne peut pas mettre en évidence dans la descendance deux catégories de semis aussi nettement

différenciées que le sont le parent normal et son mutant *spur*. Un schéma génétique simple, selon lequel la mutation *spur* résulterait du passage d'un allèle dominant à effet quantitatif vers un allèle récessif, est proposé pour rendre compte des distributions observées.

La parfaite stabilité des mutants *spurs* soumis à un rayonnement gamma permet de penser que les tissus profonds sont du même type muté que la couche de gamétogenèse I, II.

Ces différentes descendances, dont seules les hauteurs ont fait l'objet de la présente analyse, ont été plantées en champ sous la forme d'un essai blocs à 20 arbres par parcelle élémentaire, de façon à poursuivre les observations sur d'autres caractéristiques des types *spurs*, en particulier la précocité de mise à fleurs.

Reçu pour publication en avril 1969.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF SPUR-TYPE MUTANTS OF APPLE; HEREDITY OF SPUR CHARACTER

Dormant bud-sticks of three spur-types of *Starking Delicious* and four of *Golden Delicious* have been irradiated with 4 000 rads in four hours. Previous results have shown that this treatment induces in chimera the formation of homogeneous shoots from one or the other genotype of the chimera. In the second vegetative propagation of irradiated spur-type buds, very few scions have reached the normal height of the standard parent (table 1). It does not seem that the hypothesis of a chimeral structure can be formulated for spur mutant. Exceptionnally, many scions of irradiated *Yellospur* have reached the normal size, but the lack of difference between the means of *Golden* and *Yellospur* controls forbids the statement of any conclusion.

Six crosses between *Starking* and *Golden* groups of standard or spur types have shown that the mean number of seeds per fruit decreases when a spur type is used as parent, either female or male (table 2 and 3). Likewise, the mean height of seedlings as well as the mean-square decrease when a spur type is used in the cross indicating that mutation is present in the gametic layer (table 4). A simple genetic hypothesis is proposed, in which spur character depends upon a recessive mutation in an heterozygote of normal vigor. Segregations calculated from this hypothesis fit the mean values observed in the six experimental progenies, as well as segregation in height's seedlings of the most genetically complicated cross *Golden* × *Starking* (tabl. 5).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARASU N. T., 1968. Spur-type sports in Apples. *Rep. East Malling Res. Stn.* 1967, 113-119.

BALDINI E., 1967. Il miglioramento genetico delle cultivar. *Inform. agrar*, **40**, 9-14.

BROOKS R. M., OLMO H. P. Register of new Fruit and Nut varieties.
List nº 11 *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **68**, 616, 1956.
List nº 12 *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **70**, 561, 1957.
List nº 14 *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **74**, 765, 1959.
List nº 17 *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **81**, 577, 1963.
List nº 18 *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **83**, 864 et 867, 1963.

DECOURTYE L., 1967. Étude de quelques caractères à contrôle génétique simple chez le Pommier (*Malus* sp.) et le Poirier (*Pyrus communis*.) *Ann. Amélior. Plantes*, **17** (3), 243-246.

DECOURTYE L., 1967. Action des rayons gamma sur des variétés de poirier et de pommier en chimère. *Bull. Soc. Bot. de France*, Colloque de morphologie expérimentale 1966, 50-54.

LAPINS K., 1965. The Lambert compact Cherry. *Fruit Var. hort. Dig.*, **19** (2), 23.

LAPINS K., 1965. Compacts mutants of Apple induced by ionizing radiation. *Canad. J. Plant Sci.*, **45** (2), 117-124.

MARENAUD C., 1965. Effets de virus sur la germination des grains de pollen de *Prunus persica, lignées GF 305*. *C. R. Acad. Agric.*, **51** (12), 881-888.

PROANO V. A., GREEN G. L., 1968. Endogenous Giberellins of a radiation induced single gene dwarf mutant of Bean. *Plant Physiol.*, **43**, 613-618.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 239-263.

L'HERBE DE GUINÉE ; ORIENTATIONS POSSIBLES DE LA SÉLECTION

L. DEGRAS et G. DOUSSINAULT (1)

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques des Antilles
et de la Guyane,
Petit-Bourg (Guadeloupe)
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

L'amélioration de la graminée fourragère *Panicum maximum* JACQ. se heurte à une connaissance insuffisante de sa biologie.

L'état actuel des travaux concernant cette plante est examiné.

Jointes à ces travaux, les données nouvellement réunies par l'auteur sur la définition morphologique et la variation de *Panicum maximum*, sur ses maladies, sa croissance, sa biologie florale permettent d'envisager les orientations de la sélection.

INTRODUCTION

Le développement de l'élevage si souhaitable en milieu tropical (DUMONT et ROSIER, 1966), ne sera possible que dans la mesure où l'amélioration de la production fourragère se réalisera. Aux Antilles françaises, où l'herbe croît vigoureusement au moins pendant la saison des pluies, les potentialités de rendement sont très importantes : jusqu'à 40 tonnes de matière sèche par hectare et par an (SALLETTE, 1967). Cependant, cette production est mal répartie au cours de l'année ; la saison sèche qui commence en décembre et correspond aux jours les plus courts (11 heures) et aux températures minimales moyennes les plus basses (19°C) freine considérablement la croissance.

Les zones relativement sèches des Antilles françaises : Côte-Sous-le-Vent de la

(1) Adresse actuelle : Centre de Recherches de Rennes, Station d'Amélioration des Plantes, 35 - Rennes (France).

Guadeloupe, Désirade, Saint-Barthélémy et Saint-Martin qui reçoivent en moyenne 1 000 mm de pluie par an et subissent une saison sèche de cinq mois sont les plus pauvres. L'évapotranspiration potentielle peut atteindre 6 mm par jour, ce qui rend le déficit hydrique très important. Sans irrigation, la culture de la Banane n'y est pas possible, celle de la Canne à Sucre n'est pas compétitive. Dans ces régions, le développement de l'élevage peut être un élément déterminant de progrès.

En zone tropicale, les niveaux de productivité fourragère les plus élevés ont été observés dans les genres *Digitaria, Pennisetum, Brachiara, Panicum.* (WHYTE, MOIR et COOPER, 1959). Le choix de l'Herbe de Guinée, *Panicum maximum* JACQ., comme graminée de base pour les prairies de régions sèches a été fondé sur sa réputation de bon comportement dans des zones semblables (WHYTE, 1957), et aussi sur le fait qu'elle constitue l'essentiel des pâturages de Saint-Martin (STEHLE, 1957). On la rencontre dans toutes les parties habitées de la Guadeloupe ; c'est d'ailleurs une mauvaise herbe des champs de Canne à Sucre, mais elle est également « coutclassée » pour les animaux bovins et carpins qui paraissent bien l'apprécier. Elle est aussi cultivée dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux, où elle complète les *Digitaria* par une production en jours courts.

La réunion d'une collection aussi large que possible faisant appel aux types locaux et étrangers a été entreprise en 1966 par L. DEGRAS (avec la collaboration technique de C. VINCENT) et poursuivie par nous. La morphologie et la physiologie des diverses souches ont été observées. L'étude biologique de la plante a été abordée. Le souci majeur a été de faire le point sur ce qui est connu de la plante pour entreprendre sa sélection.

I. — LA PLANTE. GÉNÉRALITÉS. DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

La plante se présente sous forme de touffes généralement à port érigé, qui, à leur plein développement, atteignent une hauteur variant entre un et trois mètres ; sa pérennité peut atteindre 15 ans (DEGRAS, 1966). Le feuillage est surtout abondant à la base car les premiers entre-nœuds sont souvent courts et les limbes des feuilles inférieures sont plus longs que ceux de la partie supérieure. Les tiges sont en général dressées et rigides, toutefois, chez certains clones, elles sont genouillées et s'enracinent aux nœuds. Cette plante diffère tout à fait du *Pangola*, graminée fourragère du genre *Digitaria*, recommandée dans plusieurs pays tropicaux, qui couvre le sol d'un réseau de stolons et émet des tiges feuillées fines, (DEGRAS, 1968). Elle est plus proche du *Merker*, plante fourragère du groupe des Herbes à Éléphant (*Pennisetum purpureum*), très cultivée également ; celle-ci a des tiges plus grosses, des feuilles caulinaires, et une hauteur encore plus importante. Mais ces trois graminées ont un point commun, leur possibilité de multiplication végétative.

L'Herbe de Guinée appartient à la tribu des Panicées caractérisée par ses épillets tombant avec leurs glumes à maturité. Le genre *Panicum* y est défini par les caractères de son inflorescence (panicule à racèmes souvent ramifiés) et par ceux de son épillet biflore (PERRIN DE BRICHAMBAULT, 1950). Les épillets tombent individuellement (HUTCHINSON et DALZIEL, 1954) ; (CLAYTON, 1966). La glumelle inférieure de la fleur inférieure ressemble à la glume supérieure de l'épillet et n'est pas aristée.

Seule la fleur supérieure de l'épillet est fertile et elle est sans appendice ou cicatrice à la base (HUTCHINSON et DALZIEL, 1954). L'espèce *Panicum maximum* JACQ. est individualisée par ses épillets à profil symétrique de 2,5 à 4 mm de long. La glume inférieure atteint rarement la moitié de la longueur de l'épillet ; la glumelle inférieure de la fleur supérieure fertile est dure et rendue rugueuse par des stries transversales (HUTCHINSON et DALZIEL, 1954).

WARMKE (1951), MOTTA (1953), BOGDAN (1963), distinguent quelques formes intraspécifiques en retenant comme critères de distinction : le poids frais moyen d'une plante ; la grosseur et la pilosité des tiges ; la taille, la forme, la couleur et la pilosité des limbes ; la taille et la forme des panicules ; la couleur et la pilosité des épillets ; la structure de la fleur supérieure de l'épillet qui peut être mâle ou stérile. Mais ces éléments ne leur servent qu'à différencier une dizaine de populations, qui d'ailleurs ne sont pas complètement caractérisées. WHYTE, MOIR et COOPER (1959) rapportent qu'en Australie l'espèce *Panicum maximum* est divisée en deux sous-espèces : le type « commun » à glumes et glumelles glabres, le type *trichoglume* à glumes et glumelles velues. BOGDAN (1963) au Kenya, reprend cette classification.

La biologie florale de l'Herbe de Guinée a été étudiée par WARMKE (1951). La floraison intervient 70 jours après le semis pour les variétés les plus précoces et 150 jours après pour les plus tardives. L'anthèse a lieu surtout la nuit, elle s'échelonne sur 3 à 7 heures pour une plante et son maximum se place entre 18 heures et 3 heures suivant les variétés. La descendance des plantes en pollinisation libre est remarquablement homogène et identique à la plante-mère (WARMKE, 1954 et aussi BOGDAN, 1963).

Des études cytologiques ont permis à WARMKE (1954) de suivre la formation de la graine. La cellule mère de la mégaspore subit la méiose, mais trois cas peuvent se présenter ensuite :

1° survie et développement exceptionnel d'une mégaspore en un sac embryonnaire réduit ;

2° dégénérescence de la mégaspore et son remplacement par une cellule de nucelle dans la formation du sac embryonnaire (apomixie) ;

3° dégénérescence de la mégaspore qui n'est pas remplacée par une cellule du nucelle ; il y a avortement de l'ovule et stérilité de la fleur.

Le second cas serait le plus fréquent. La cellule qui remplace la mégaspore se divise deux ou trois fois, ce qui donne deux types de sacs embryonnaires ; ceux qui ont 4 noyaux comportent deux synergides, une oosphère, un noyau polaire ; ceux qui ont 8 noyaux sont du type classique. Tous ces noyaux possèdent un nombre de chromosomes non réduit. Bien que la fécondation d'une cellule-œuf non réduite soit exceptionnelle, la pollinisation semble nécessaire à la production de graines. Il y a union du noyau reproducteur mâle avec le noyau polaire, la cellule-œuf est stimulée et se divise parthénogénétiquement après plusieurs divisions de l'albumen. Des graines récoltées, une faible proportion est issue de l'union de 2 gamètes : 2 à 5 p. 100 (WARMKE), 1 p. 100 (BOGDAN). La plante est généralement apomictique.

Le nombre de chromosomes rapporté chez *Panicum maximum* est variable : DARLINGTON donne 36, WARMKE 32 et 48. Sur des plantes à 32 chromosomes, WARMKE observe de un à sept quadrivalents à la méiose. Ceci voudrait dire que la

plante est au moins partiellement autotétraploïde. Chez des plantes à 48 chromosomes, il y a formation d'hexavalents. L'existence de séries polyploïdes au sein d'une espèce est une caractéristique souvent liée à l'apomixie.

En ce qui concerne l'étude des possibilités de production, c'est SCHOEFIELD (1941) qui, le premier, en Australie rend compte d'une expérimentation faite sur l'Herbe de Guinée parmi différentes graminées fourragères tropicales. Il fait état des variations de rendement et de composition du fourrage au cours de l'année.

La fumure minérale a un rôle important dans la culture de l'Herbe de Guinée comme le souligne RICHARDS à la Jamaïque qui arrive à des gains de viande de plus de 600 kilogrammes par hectare et par an.

OAKES (1966) à Saint-Croix (Antilles), analyse avec plus de précision de telles variations. La pluviométrie, la température et la longueur du jour sont pour lui les facteurs écologiques qui ont le plus d'influence sur le taux de croissance, le rendement et la composition de l'Herbe de Guinée. Quand la pluviométrie n'est pas un facteur limitant, le taux de croissance diminue avec la température et la longueur du jour.

La possibilité d'avoir une certaine production en saison sèche, laquelle correspond à la période de températures relativement basses et de jours courts (février, dans l'hémisphère nord) a été envisagée par JONES (1966). Il obtient en février la meilleure repousse sur des plantes non fleuries, fauchées à dix centimètres du sol et qui avaient été précédemment coupées à la mi-septembre.

Cette observation confirme celle de MARTINELLI *et al.* (1965) qui, expérimentalement, montre que la meilleure période de repos pour l'Herbe de Guinée est l'automne.

L'évolution physiologique de l'Herbe de Guinée entre la première et la seconde coupe a été suivie par BARNES (1960) en Rhodésie pour la variété *Sabi*. Son étude conduite sur coupes échelonnées a porté sur les 5 mois (de décembre à mai, période pluvieuse et de jours longs) favorables à la croissance. Le taux de production de la matière sèche augmente pendant la période d'un mois et demi qui suit la première coupe (*moment auquel se place la floraison*), puis diminue ensuite. Pendant les trois premières semaines, la teneur en protéines reste élevée (environ 10 p. 100 de matière sèche), puis décroît jusqu'au *début de la floraison*, se maintient à ce niveau bas, pour remonter à la maturité des graines.

Une récente étude de PEDREIRA (1966) réalisée également dans l'hémisphère sud (Brésil, São Paulo), ne précise ni la variété, ni l'époque exacte de l'épiaison. On doit cependant en retenir un net ralentissement du taux de production de la matière sèche un mois et demi après le semis, effectué en jours longs. La vitesse de croissance s'accélère vers le 90e jour sans dépasser la vitesse initiale. Le pourcentage de matière sèche ne présente pas de variation significative entre le 25e et le 75e jour après le semis. Il s'élève avec la diminution du rapport feuille/tige, en trois paliers, approximativement : 80e-110e, 115e-150e, 150e jour et au-delà.

En ce qui concerne la valeur fourragère, des analyses et des mesures expérimentales de la digestibilité faites par JOHNSON, HARDISON et CASTILLO (1967) aux Philippines montrent qu'elle varie bien entendu avec le stade de la plante. Les tableaux 1 et 2 résument leurs observations.

Ces auteurs, en portant la fertilisation azotée de 40 à 90 unités par hectare après chaque coupe, améliorent sensiblement la qualité du fourrage comme le montre le tableau 3.

TABLEAU 1

Composition chimique de l'Herbe de Guinée à différents stades
(d'après JOHNSON, HARDISON et CASTILLO)

Stade de la végétation	Pourcentage de matière sèche	Composition de la matière sèche				
		Protéines (%)	Cellulose (%)	Matières grasses (%)	Cendres (%)	Extractif non azoté (%)
Début montée.....	23,2	9,8	32,1	2,2	13,1	42,9
Début épiaison	22,3	8,0	38,0	1,7	12,5	39,8
Pleine floraison	24,9	6,6	39,4	2,0	11,7	40,3

TABLEAU 2

Coefficients de digestibilité moyens de l'Herbe de Guinée à différents stades
(d'après JOHNSON, HARDISON et CASTILLO)

Stade de la végétation	Coefficients de digestibilité				
	Matière sèche (%)	Protéines (%)	Cellulose (%)	Matières grasses (%)	Extractif non azoté (%)
Début montée	56	71	60	43	58
Début épiaison	54	52	66	52	55
Pleine floraison	54	47	60	49	53

TABLEAU 3

Protéines et cellulose (en p. 100 de la matière sèche) *contenues dans l'Herbe de Guinée exploitée à deux niveaux de fumure azotée*
(d'après JOHNSON, HARDISON et CASTILLO)

Stade de la végétation	Niveau de fumure azotée			
	Moyen		Élevé	
	Protéines (%)	Cellulose (%)	Protéines (%)	Cellulose (%)
Début montée	9,6	33,0	17,0	30,6
Début épiaison	7,8	36,3	15,5	32,7
Pleine floraison	8,0	38,0	15,6	32,9

II. — MATÉRIEL UTILISÉ ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

A. — *Collection*

Des prospections faites en Guadeloupe nous ont permis de recueillir 175 plantes en 64 lieux de prélèvement (série G) ; à Saint-Martin ont été collectées 10 plantes, en 5 lieux et un lot de semences du commerce local (série S) ; à la Martinique 17 plantes en 7 lieux ont été prélevées (série M).

La récolte des échantillons a été faite de façon à observer la plus grande variabilité probable. Ainsi, les conditions climatiques et l'isolement géographique ont été les principaux critères du choix des stations. Les lieux de prélèvement ont été le plus souvent situés au bord des routes, parfois dans des prairies naturelles, plus rarement dans des prairies artificielles. Par prélèvements, 2 à 5 plantes ont été récoltées (les graines tombent avant la maturité et ne peuvent être recueillies sans précautions antérieures). Une carte (fig. 1) indique les lieux de prélèvement à la Guadeloupe ainsi que les types de plantes rencontrés (I, II ou mélange des deux types) tels qu'ils ressortent de l'analyse ultérieure.

L'apport de graines provenant de la Station d'Adiopodoumé (Côte-d'Ivoire) de l'ORSTOM (série A) et du centre régional d'introduction des plantes de Georgie (Département de l'Agriculture des États Unis) (série B) a permis d'étendre largement cette collection. Une carte (fig. 2) précise les provenances de ces lots de semences et le nombre de lots de chacune d'elles. On peut noter à cette occasion l'extension géographique remarquable de cette espèce dans la zone tropicale et même hors de cette zone (Portugal). Par origine, nous n'avons pu observer que 5 plantes pour leurs caractères morphologiques et physiologiques.

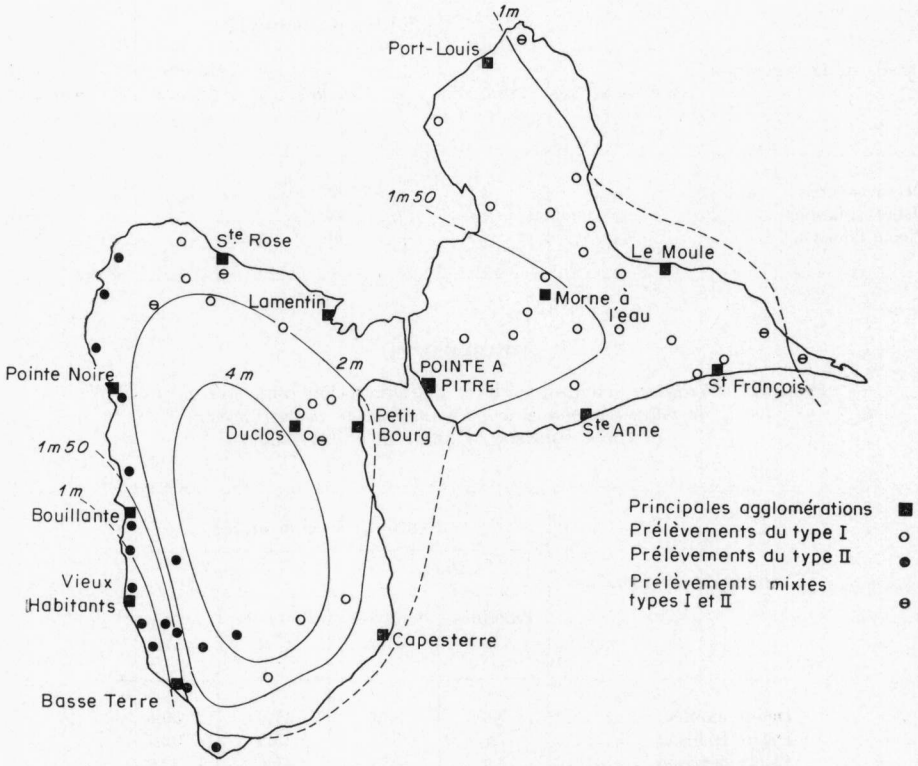


FIG. 1. — *Carte de la Guadeloupe avec les isohyètes, les lieux de prélèvement de* Panicum maximum *ainsi que les types de plante récoltés.*

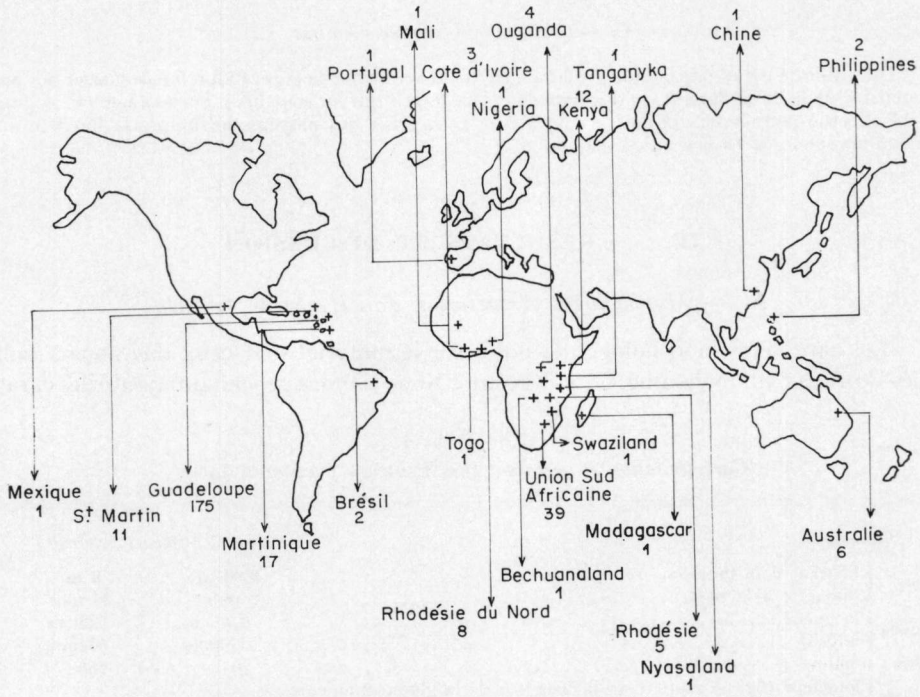


FIG. 2. — *Carte indiquant l'origine et le nombre de souche par origine du matériel en collection*

B. — *Essais de comportement*

Trois essais de comportement ont été implantés ; ils ont eu pour but de permettre d'enregistrer les réactions de l'Herbe de Guinée à divers traitements, en vue de définir des critères de sélection. Chaque parcelle comportait 40 plantes. Il y avait deux blocs.

1. *Essai sur la périodicité de coupe.*

Il a été effectué sur deux clones provenant d'éclats de touffes des provenances *Beauport* et *Duclos 2*, représentatifs des deux types existant en Guadeloupe. Les parcelles sont fauchées au terme de trois périodes distinctes de croissance : 25 jours, 45 jours, 65 jours. Elles sont destinées à préciser les éléments qui, au cours de l'année, interviennent dans la repousse.

2. *Essai sur la hauteur de coupe.*

Il met en jeu les mêmes clones que l'essai précédent. La fauche est faite respectivement à 2 cm, 7,5 cm et 12 cm du sol. La morphologie de la base des touffes sera étudiée à cette occasion.

3. *Essai sur le niveau de fumure.*

La production de matière sèche et de protéines de deux variétés de Côte-d'Ivoire, assez voisines des types trouvés en Guadeloupe est enregistrée. Il y a deux niveaux de fumure.

	Un niveau « moyen »	*Un niveau « élevé »*
N	40 unités/ha/coupe	80 unités/ha/coupe
P_2O_5	100 unités/ha/an	250 unités/ha/an
K_2O	200 unités/ha/an	250 unités/ha/six mois

L'azote est apporté sous forme d'ammonitrate, la potasse par du chlorure de potassium et le phosphate par du phosphate bicalcique.

C. — *Observations complémentaires*

On a abordé l'étude de la biologie florale en vue du contrôle de la reproduction sexuée et des particularités de la croissance et du développement végétatif qui lui sont liées. Un sondage cytologique a été effectué pour mieux définir le matériel et rechercher des moyens de rompre la barrière aux recombinaisons génétiques qu'est l'apomixie.

III. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

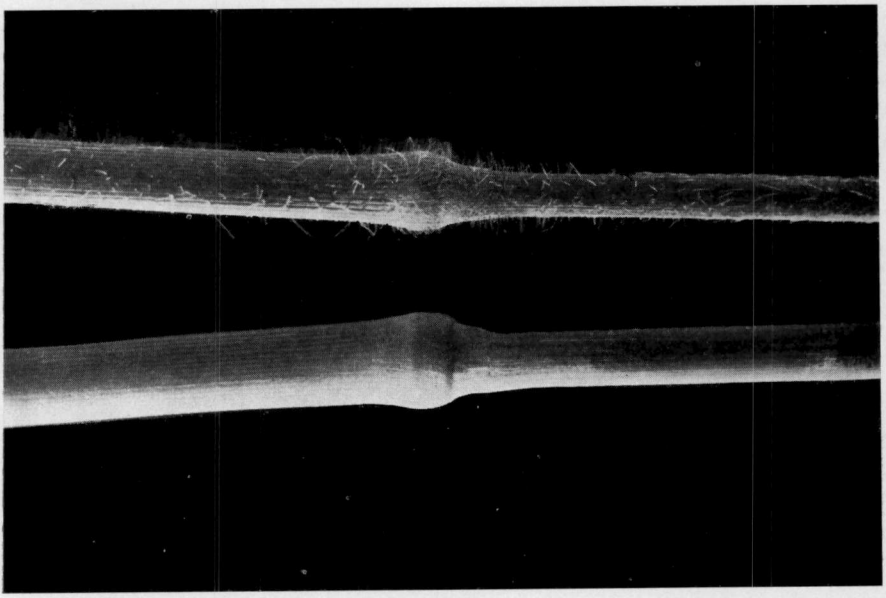
A. — *Morphologie et variation de l'Herbe de Guinée*

Les caractères morphologiques notés sur le matériel sont ceux que nous a indiqués COMBES (Adiopodoumé, Côte-d'Ivoire). Nous y avons cependant ajouté des carac-

TABLEAU 4

Caractérisation et variation chez Panicum maximum JACQ.

	Valeurs extrêmes	
Dimensions		
Tiges : hauteur à la floraison	0,90 m	3 m
Tiges : diamètre à la base	2 mm	20 mm
Limbes : longueur	0,30 m	1,20 m
Limbes : largeur	25 mm	60 mm
Talles : nombre	20	150
Épillets : longueur (fig. 4) rapport de la longueur de la glume inférieure à la longueur de l'épillet	— 1/3	+ 1/3
Port	*Aspects rencontrés*	
Base de la touffe	Étalée à dressée	
Disposition du feuillage	Radicale à caulinaire	
Limbes	Retombants à dressés	
Panicules	Ouvertes à fermées et denses à lâches	
Pilosité		
Feuilles (fig. 3) : limbes (2 faces), nervure du limbe, gaine, ligule Tige (fig. 3) : nœud, entrenœud Épillet : glumes (fig. 4), glumelles	Absence ou présence ; plus ou moins dense ; plus ou moins longue ; plus ou moins rigide plus ou moins dispersée plus ou moins homogène	
Coloration		
Feuilles : limbe	Vert jaune, à vert bleu	
Feuilles : marge du limbe	Blanche, verte, rouge	
Feuilles : gaine	Verte à violette	
Épillets : enveloppes	Vertes, fauves, violettes	
Épillets : caryopse	Ivoire, jaune, violet	
Sexualité		
Fleur inférieure de l'épillet	Mâle ou stérile	
Forme		
Sommet de la glume inférieure (fig. 4)	Arrondie ou ovale aiguë	



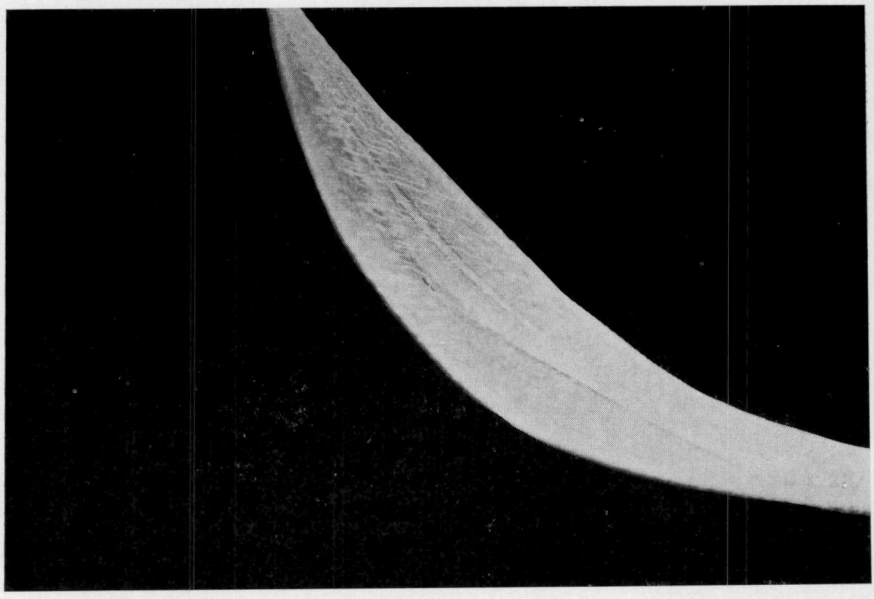


FIG. 3. — *Variabilité de la pilosité des feuilles et des tiges chez* Panicum maximum

téristiques classiques des épillets des Graminées : forme, dimensions des glumes et glumelles et couleur du caryopse. Ils sont résumés dans le tableau 4 ; nous avons mentionné pour chaque caractère les extrêmes observés quand il s'agit de mesures et les différents aspects rencontrés pour les caractères non mesurables (fig. 3 et fig. 4). La codification de ces caractères a permis d'établir une fiche pour chaque clone qui facilite les comparaisons.

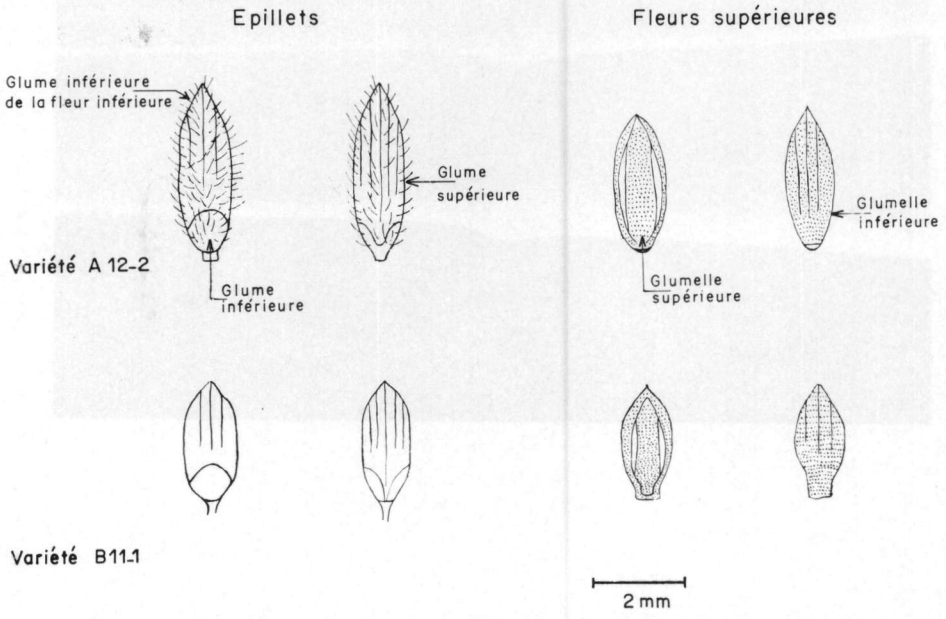


FIG. 4. — *Morphologie comparée des épillets de deux variétés de* Panicum maximum

Dans le matériel reçu à l'état de graines, de nombreux lots se sont révélés hétérogènes, bien que l'échantillonnage des plantes observées par origine soit extrêmement faible. Sur 88 lots, 38 présentent au moins deux types de plantes ; dans un lot, les 5 plantes observées diffèrent toutes l'une de l'autre. L'ampleur et l'origine de la variabilité de ces populations restent à préciser.

D'une manière générale on peut distinguer 5 types :

I à grosses tiges et à pilosité d'ensemble faible (fig. 5).

II à tiges plus fines et à pilosité d'ensemble forte (fig. 5).

III à tiges genouillées s'enracinant aux nœuds très facilement.

IV de petit format, à tiges moyennes, à panicule au-dessus du feuillage et à glumes souvent velues (fig. 5).

V de très petit format à tiges très fines, à panicule ne dépassant pas le feuillage (fig. 5).

Aux Antilles françaises, deux types se différencient par : le diamètre des tiges (5 à 8 mm pour l'un, 10 mm pour l'autre), le nombre de talles par plante (80 à 120 et 30 à 60) et la pilosité générale plus forte chez l'un, plus discrète chez l'autre. A l'intérieur de ces types, des clones sont individualisés ; dans l'état actuel des observations,

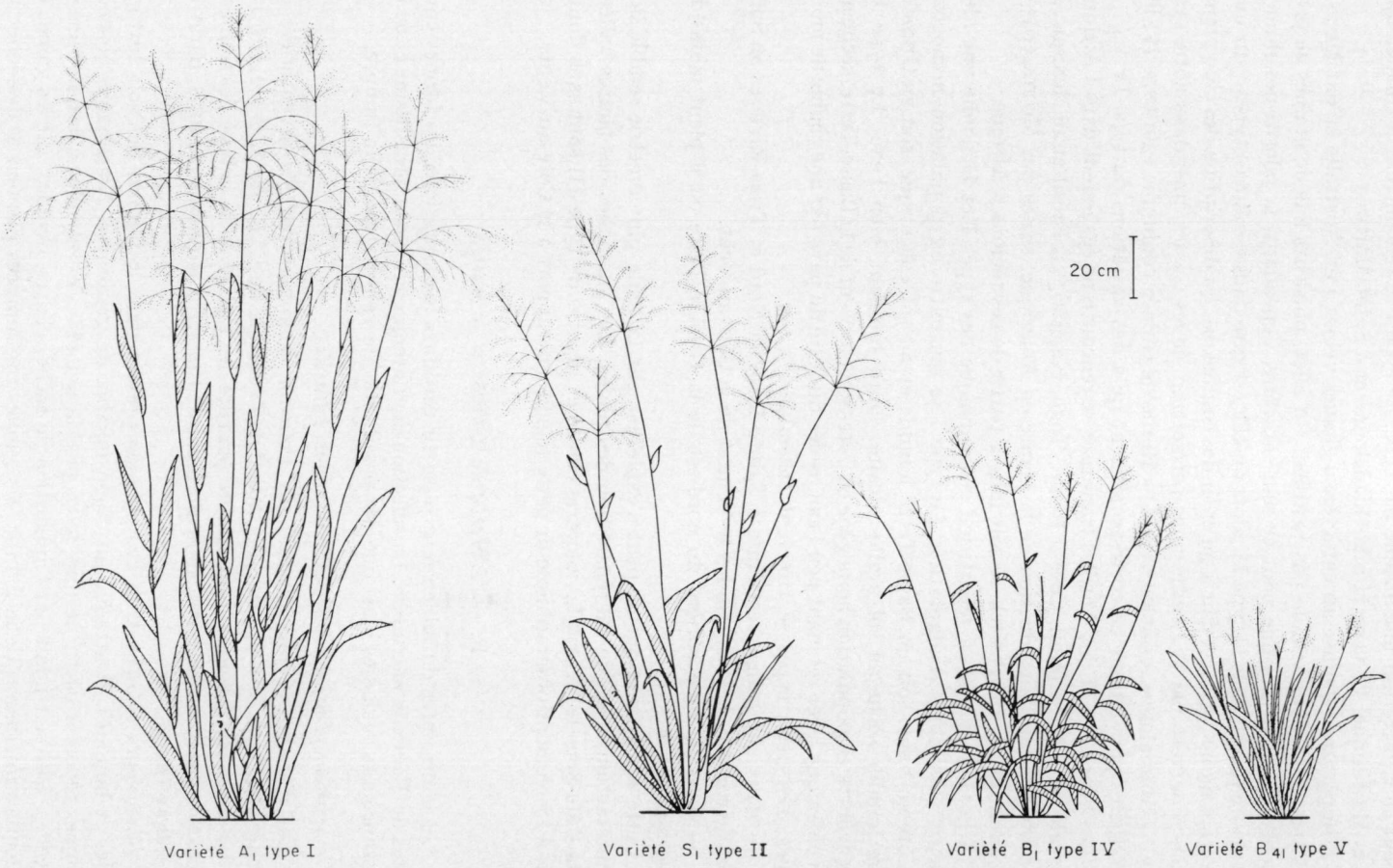


FIG. 5. — *Aspect général rencontré chez les principaux types de* Panicum maximum

on peut en caractériser une dizaine par type. Le type I se rencontre à la Guadeloupe et à la Martinique. Le type II à la Guadeloupe et à Saint-Martin.

L'importance donnée au caractère « glumes velues » en Australie et par MOTTA et WARMKE ne nous semble pas justifiée. En effet, plusieurs lots de graines ne présentent de disjonction que pour ce seul caractère. Cependant, la pilosité des glumes est très fréquente dans le type IV alors qu'elle est rare dans les autres types ; sur une collection moins vaste, ce fait a pu créer des confusions. La description des cinq populations observées par WARMKE, nous permettrait de les classer ainsi dans notre système : « Gramalote » serait du type I ; « Herbe de Guinée commune » du type II ; les trois autres populations ne correspondraient qu'à des variations du type IV.

Les types I et II des Antilles françaises se rencontrent également dans l'Afrique tropicale de l'Ouest (Mali, Côte-d'Ivoire, Togo, Nigéria), au Brésil et au Mexique. Il est probable que l'introduction de la plante en Amérique, située par MOTTA (1953) aux environs du XVIII^e siècle se soit faite à partir de ces régions d'Afrique.

A la Guadeloupe, la répartition géographique des types I et II donne une idée de leurs possibilités d'adaptation. Le type I se rencontre en population homogène en Côte-au-Vent, soit en Basse-Terre humide et au sol volcanique, soit en Grande-Terre humide sèche au sol argilo-calcaire, lourd retenant bien l'eau. Le type II se rencontre en population homogène en Côte-Sous-le-Vent de la Basse-Terre, sèche au sol volcanique léger retenant peu l'eau, isolée du reste du pays par une chaîne de montagnes. Les deux types se trouvent ensemble :

— dans une frange restreinte à Sainte-Rose au Nord et Trois-Rivières au Sud, zones de contact de la Côte-Sous-le-Vent et de la Côte-au-Vent.

— dans la zone côtière du nord-est de la Grande-Terre où il pleut moins de 1 000 mm par an.

Cette répartition qui ne peut s'expliquer par la seule pluviométrie semble liée à l'interaction, type de sol-répartition des pluies. Les anomalies des hautes vallées de la Côte-Sous-le-Vent (pluviométrie élevée et plantes de type II) sont sans doute dues à l'isolement orographique de cette région par rapport à la Côte-au-Vent.

B. — *L'Herbe de Guinée et le milieu*

Les contraintes du milieu font ressortir certaines inadaptations des formes courantes de *Panicum maximum*. La sélection devra tenir compte du parasitisme et de la résistance aux maladies ainsi que des possibilités de valorisation de la fumure.

1. *Comportement vis-à-vis des champignons parasites.*

Les maladies cryptogamiques sur *Panicum maximum* ont été inventoriées et décrites par JAILLOUX (Station de Pathologie végétale du C. R. A. A. G.). Les principales sont : *Rhizoctonia solani* KUEHN, parasite des racines et de la base des touffes ; *Cercospora fusimaculans* ATK, parasite foliaire ; *Claviceps maximensis* PHEIS, parasite des inflorescences.

Rhizoctonia solani est un champignon présent dans la plupart des sols surtout acides et humides. Il attaque un grand nombre de graminées. Nous avons observé quelques foyers à partir de juin 1967, puis la maladie s'est étendue à de nombreuses parcelles. Elle se traduit par l'apparition de taches claires, ovoïdes, sur les gaines et les feuilles inférieures de la plante ; les feuilles contaminées peuvent se dessécher, ce

qui entraîne la mort de la plante. A la face inférieure des feuilles, on peut remarquer de longs filaments soyeux qui forment çà et là des amas sclérotiformes bruns de 5 à 10 mm de diamètre. Il semble exister des différences de sensibilité, les plantes de type I seraient moins atteintes.

Cercospora fusimaculans provoque sur les feuilles des taches elliptiques de 3-4 mm de long fréquemment confluentes et visibles sur les deux faces du limbe. Ces taches présentent un bord plus foncé et un centre plus clair. Les feuilles les plus âgées sont les plus touchées mais en cas de forte attaque, la dernière feuille elle-même peut être contaminée. Des différences de sensibilité nettes ont été notées : seuls le type I et des clones du type IV sont sensibles.

Claviceps maximensis est un ergot qui contamine les fleurs. C'est le stade « sphacelie » qui a été trouvé ; il précède la formation de l'ergot. Après l'anthèse, les glumes exsudent de petites gouttes de miellat contenant des spores qui, véhiculées par des insectes et la pluie, propagent le parasite sur des fleurs plus jeunes. Les types IV et V et certains clones du type II paraissent les plus sensibles.

Les réactions aux maladies des cinq types de notre collection sont réunies dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Comportement des types de P. *maximum* JACQ. *à l'égard de quelques parasites cryptogamiques*

Type	*R. solani* KUEHN	*C. fusimaculans* ATK	*C. maximensis* P.
I	Peu atteint	Sensible	?
II	Atteint	Résistant	En partie sensible
III	—	—	?
IV	—	En partie sensible	Très sensible
V	—	Résistant	Très sensible

2. *Réponse à la fumure.*

Deux variétés de Côte-d'Ivoire A_1 de type I et A_3 de type II sont comparées avec intervention de deux niveaux de fumure (I niveau moyen, II niveau élevé). Le rythme des coupes est établi à 8 par an, c'est-à-dire qu'elles interviennent tous les 45 jours.

D'une façon générale, le haut niveau de fumure augmente la production de matière sèche (fig. 6), on observe un maximum au 21 août, il correspond à la période de floraison des deux variétés, celle de A_1 étant légèrement en avance sur celle de A_3. Lors des 2 coupes suivantes les deux variétés sont toujours en floraison ; mais, le 5 janvier, elles sont à l'état végétatif et la production est très basse.

Après la coupe du 5 octobre, les parcelles recevant la fumure élevée ont bénéficié en plus de l'azote, de l'apport de 250 unités de potasse ce qui a considérablement accru le rendement de la coupe suivante et également amélioré l'état sanitaire. Comme les parcelles à fumure moyenne présentaient à ce moment des signes de carence, elles ont reçu le 21 novembre également 250 unités de potasse ce qui a eu pour effet de stabiliser leur rendement lors de la coupe suivante. A ce niveau d'intensification et dans un sol relativement pauvre, l'Herbe de Guinée se montre donc exigeante en potasse.

La variété A_3 par son rendement et sa teneur en azote (fig. 6), au cours de l'année d'établissement, semble mieux répondre à la fumure. Dans l'optique d'une culture intensive de l'herbe, la variété de type II s'avère plus prometteuse que la variété du type I.

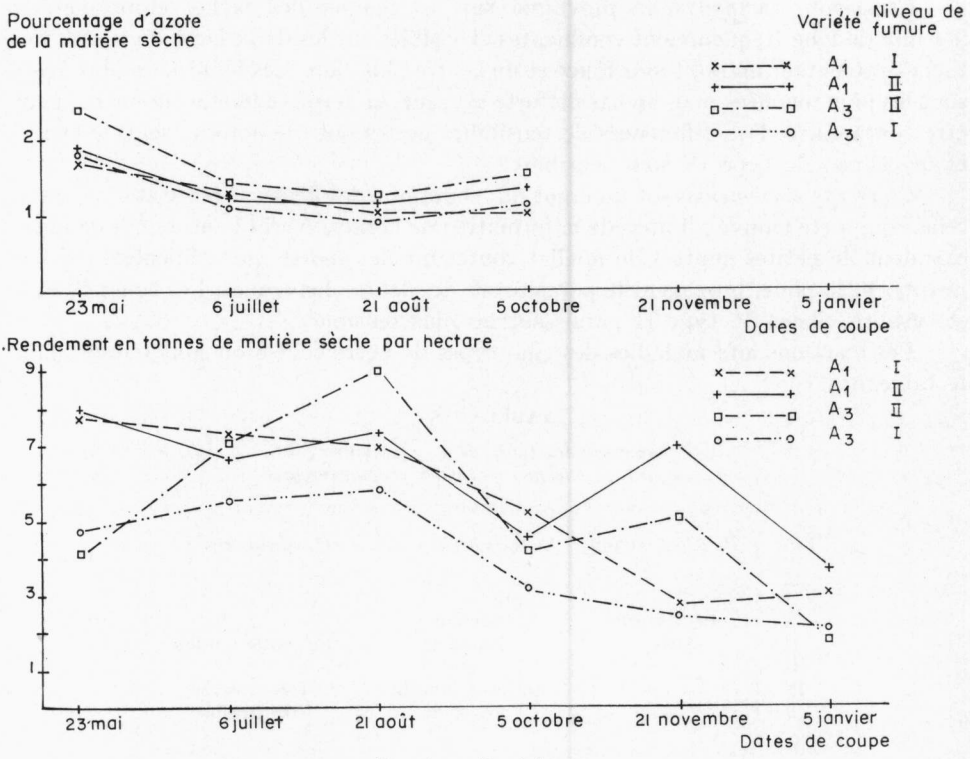


FIG. 6. — *Essai fumure*
Pourcentage d'azote de la matière sèche et rendement de quelques variétés à deux niveaux de fumure

3. *Réaction de la plante aux variations climatiques au cours de l'année.*

Dans la vie d'une plante, le processus de floraison est un événement capital et son étude est nécessaire pour la bonne exploitation d'une prairie.

Pour huit variétés, originaires d'Afrique, deux semis ont été effectués, l'un fin janvier, l'autre début avril ; l'intervalle semis-épiaison est comparé (fig. 7). Plusieurs constatations peuvent être faites :

— la variabilité et la durée de cet intervalle sont grandes pour le semis de janvier, les dates d'épiaison s'échelonnant sur 76 jours de fin avril à début juillet. Pourtant, elle ne recouvre pas toute la gamme des variations de durée du cycle existant dans notre collection ; la variété A_{13} originaire du Kenya semée à la même date a épié au bout de 226 jours ;

— le semis d'avril entraîne en moyenne une diminution de l'intervalle semis épiaison pour la gamme des variétés observées. Cet intervalle est compris entre 67 et 132 jours et entre 76 et 152 jours pour le semis de janvier.

Les dates d'épiaison du semis d'avril s'échelonnent seulement sur 65 jours de mi-juin à mi-août ; la variabilité de l'intervalle semis-épiaison est réduite par rapport

au semis de janvier. Mais deux groupes de variétés semblent se différencier (fig. 7) ; pour l'un (A_1, A_2, A_3, A_6) les intervalles semis-épiaison paraissent proportionnels pour les deux dates de semis ; pour l'autre (A_5, A_9, A_{11}, A_{12}) on constate une épiaison précoce en semis d'avril de toutes ces variétés.

Les deux périodes du début de floraison se distinguent surtout par la longueur des jours (13 h 05 mi-juin contre 12 h 46 fin avril) et leur variation (insignifiante, contre un accroissement de une minute par jour). Ces différences sont faibles mais la grande sensibilité des plantes tropicales à ces écarts est un fait bien établi. On pourrait interpréter la fluctuation observée dans la précocité relative des variétés comme résultant du passage des jours longs et croissants d'avril aux jours longs et relativement constants de juin. En particulier ceci pourrait signifier que les variétés du second groupe (A_5, A_9, A_{11}, A_{12}) réagissent plus fortement que celles du premier à la variation de la longueur du jour ; on peut remarquer d'ailleurs qu'elles sont d'origine équatoriale.

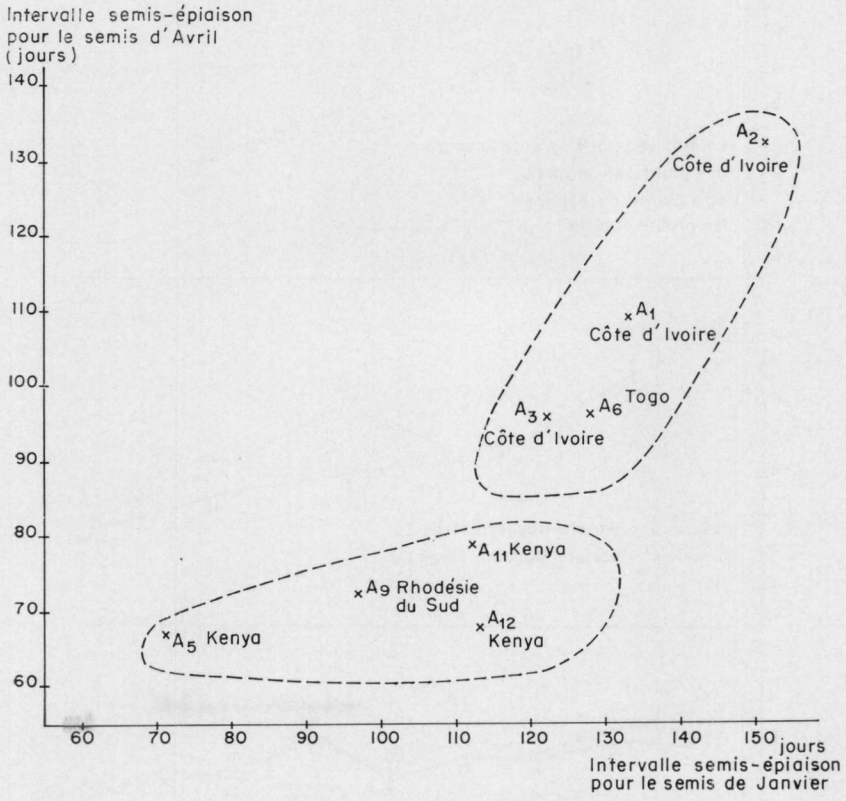


FIG. 7. — *Durée de l'intervalle semis à épiaison chez huit variétés de* Panicum maximum *suivant l'époque de semis*

D'autre part, 71 populations ont été semées en avril 1967. Leur première épiaison s'échelonne entre 66 et 119 jours. Elles sont fauchées deux fois, fournissent une récolte de graines et sont fauchées une troisième fois le 21 novembre 1967. Le 8 janvier 1968, soit quarante-huit jours après, elles ont toutes épié sauf huit populations. La

TABLEAU 6

Essai périodicité de coupe. Résultats obtenus de mai à décembre 1967

Traitement	Rendement moyen en MS. ha. jour (kg)	Pourcentage moyen d'azote dans la M. S.
Coupe tous les 25 jours	62,2	1,97
Coupe tous les 45 jours	98,5	1,46
Coupe tous les 65 jours	120,7	0,82

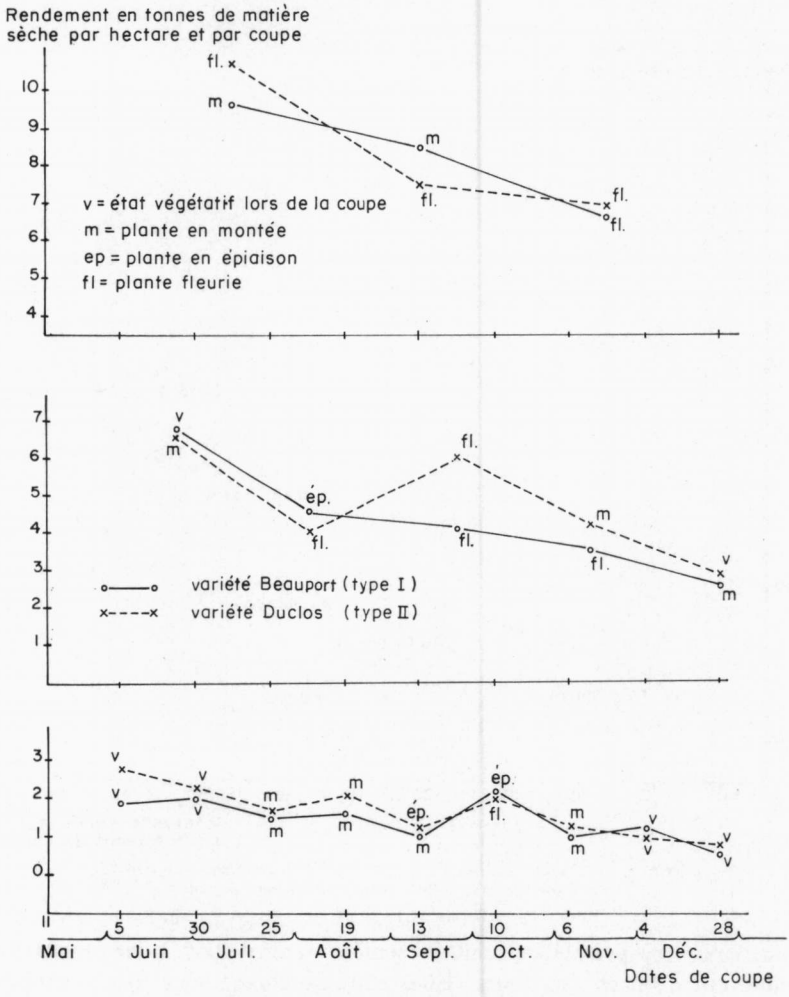


FIG. 8. — *Essai périodicité de coupe*
Production en tonnes de matière sèche par hectare et par coupe pour trois types d'exploitation et pour deux variétés

tardivité de ces huit populations n'apparaît pas à la première épiaison qui s'échelonnait de 83 à 110 jours après le semis. La sensibilité du cycle à la durée du jour semble bien un caractère variétal chez l'Herbe de Guinée.

Sans doute le processus de mise à fleur est différent après le semis ou après la fauche. Une touffe est composée d'un certain nombre de talles, les unes sont à l'état végétatif, les autres ont des organes floraux. Après la coupe, il ne reste que les points végétatifs des talles n'ayant pas dépassé le stade montée. L'essai sur la périodicité de coupe (fig. 8) permet de constater que : la production totale de matière sèche augmente avec l'espacement des coupes (tabl. 6).

— Le clone *Duclos 2*, pour la période considérée fleurit toujours en moins de 65 jours.

— L'époque de vitesse maximale de floraison de *Duclos 2* se place avant celle de *Beauport* (de juillet à septembre au lieu de septembre à novembre).

— Le rythme de coupe de 25 jours, le plus rapide, ne peut empêcher en septembre et en octobre l'épiaison des deux variétés.

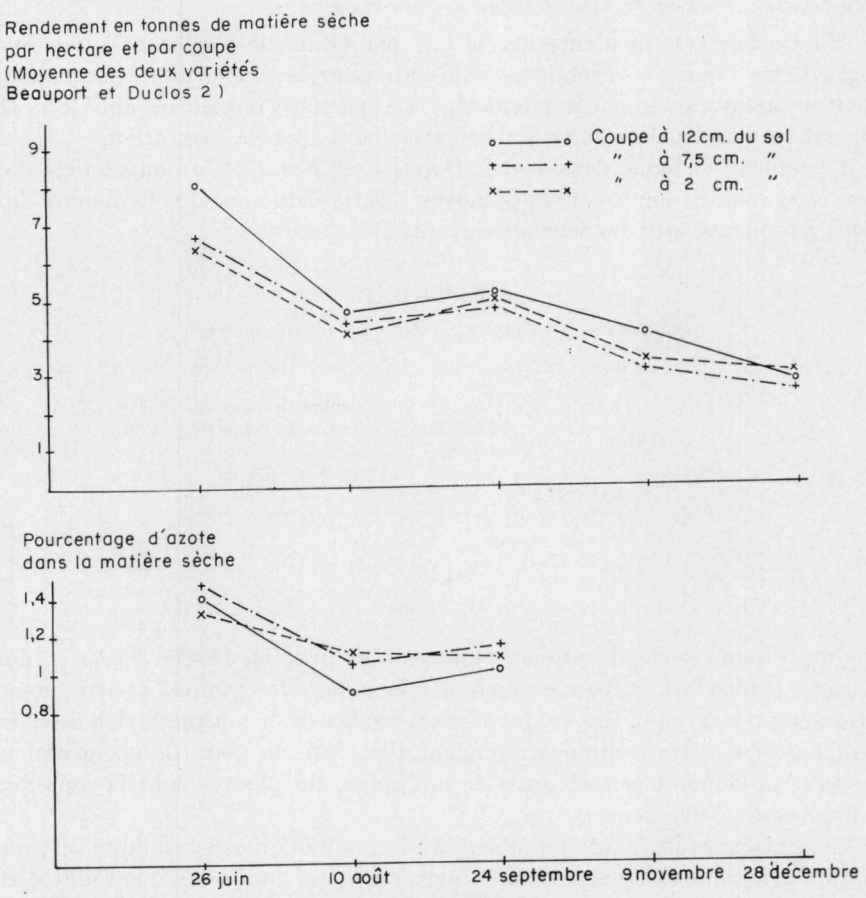


FIG. 9. — *Essai hauteur de coupe*
Production en tonnes de matière sèche par hectare et par coupe ainsi que pourcentage d'azote de la matière sèche pour trois hauteurs de coupe (moyenne des deux variétés *Beauport* et *Duclos* 2)

En période de floraison accélérée, la montée est plus rapide sur les parcelles coupées fréquemment que sur les autres. La comparaison a été possible pour la coupe du 13 septembre, date pour laquelle la fauche à 24 jours et la fauche à 65 jours coïncidaient. L'état physiologique de la plante au moment de la fauche intervient donc sur le processus de la mise à fleur lors de la repousse.

La hauteur de coupe ne semble pas avoir d'effet très net en première année sur la production (fig. 9). La fauche à 2 cm ne respecte que les apex végétatifs, ceci entraîne pour ce traitement un léger retard de la floraison. Sur les axes en montée, plus nombreux avec les coupes hautes, il demeure des bourgeons axillaires d'ordre élevé. Mais en dépit de quelques manifestations de dominance apicale dans leur débourrement plus rapide, ils sont défavorisés dans la compétition avec les bourgeons de la base de la souche et l'on s'éloigne donc assez peu des conditions de repousse en coupe basse.

C. — *Étude de la reproduction*

1. *Implantation de la prairie et mode de reproduction.*

Habituellement, la plantation se fait par éclats de souche comprenant 3 ou 4 tiges. Cette « masse » végétale est suffisante pour empêcher un dessèchement trop important au niveau du plateau de tallage. Des parcelles implantées ainsi le 14 février 1967 ont pu être fauchées le 11 mai soit trois mois après la plantation.

Le tableau 7 donne deux clones *Duclos 2* et *Beauport* le pourcentage d'éclats repris le 11 mai, le nombre de tiges moyen à cette date ainsi que le nombre de tiges moyen par plante lors des fauches suivantes.

TABLEAU 7

Installation des Plantes de Panicum maximum JACQ

Variétés	P. 100 de reprise	Nombre de tiges par plante à la coupe au :		
		11 mai	5 juin	26 juin
Beauport	81	16	20	21
Duclos 2	85	33	46	59

Quatre mois et demi après la plantation et avec la variété *Duclos 2*, dont le tallage est le plus fort, on peut espérer, au mieux, faire 15 « plants » à partir de souche, avec une reprise de 85 p. 100, ce qui offre un coefficient de multiplication assez faible.

Par contre, cette technique d'implantation offre du point de vue génétique les intérêts d'un clone et permet aussi de multiplier des plantes dont la reproduction par graines est défectueuse.

Le semis poserait d'autres problèmes : la production et la viabilité des graines, la nature génétique des plantes qui en sont issues. La floraison d'une touffe d'Herbe de Guinée est très échelonnée dans le temps et, par suite, la maturité des graines est très irrégulière. L'égrenage commence 7 à 8 jours après la floraison alors que la matu

rité n'a lieu que 3 à 6 jours plus tard. La récolte des graines s'avère donc délicate et difficilement mécanisable. Suivant les variétés, la stérilité en fécondation libre est de 51 à 95 p. 100 (WARMKE, 1954). Après la récolte, on constate une dormance qui est levée au bout de quelques mois. Les conditions de conservation souvent défavorables, de par le climat, en milieu tropical en abrègent la viabilité potentielle qui est assez longue ; des graines de 1951 conservées aux U. S. A. ont parfaitement germé à *Duclos* en 1967. Cependant, l'implantation de la prairie par semis offre de tels avantages économiques que c'est dans cette voie que l'on doit s'orienter.

2. *Biologie florale de l'Herbe de Guinée.*

Des observations dans la collection ont permis de noter des floraisons matinales, vers 6 heures, pour quelques variétés d'Afrique du Sud. Pour d'autres variétés originaires de cette même région, la floraison est au contraire vespérale, vers 16 heures. La plupart des variétés, en particulier les clones originaires de la Guadeloupe, fleurissent la nuit (vers 21 heures pour les clones du type II). Pour chaque variété, la floraison quotidienne est rapide ; sur une plante, entre l'ouverture de la première fleur et celle de la dernière, il ne s'écoule pas plus de 2 heures. L'anthèse de la fleur supérieure de l'épillet, hermaphrodite, commence par l'ouverture des glumes et des glumelles sous la pression des lodicules turgescentes ; les styles plumeux et les sacs polliniques apparaissent. Les filets grandissent et les anthères sortent de la fleur *avant déhiscence* (fig. 10). Les styles s'étalent largement hors des enveloppes. La pollinisation peut avoir lieu à ce moment (la possibilité d'allogamie est donc « mécaniquement » évidente). Ensuite les anthères éclatent puis les pièces florales se referment. L'ensemble du processus dure environ une demi-heure. Le tableau 8 rapporte des observations faites sur la formation des graines chez le clone *B-16-1* d'Herbe de Guinée. La pollinisation semble nécessaire à la formation des graines et l'allopollen est plus efficace que l'autopollen.

TABLEAU 8

Mode de pollinisation et fructification chez Panicum maximum *clone B16-1*

Traitements	Nombre de fleurs observées	Nombre de graines formées	Pourcentage de graines formées
Fécondation libre	52	41	79
Autofécondation	155	20	13
Castration et isolement...	27	0	0

3. *Mode de reproduction de l'Herbe de Guinée, son incidence sur l'orientation de la sélection.*

Pour tirer partie de la variabilité existant dans l'espèce et obtenir des variétés mieux adaptées en exploitant les recombinaisons génétiques, il faut passer par la reproduction sexuée. Une fois franchie cette barrière de l'apomixie, il est particulièrement intéressant de pouvoir la rétablir pour fixer ces variétés.

Malgré le nombre relativement faible de descendances de clones analysés, le laboratoire de cytogénétique de la Station d'Amélioration des Plantes de Clermont-

FIG. 10. — *Anthèse chez* Panicum maximum

Ferrand a trouvé dans quelques-unes un mélange de plantes de 32 à 48 chromosomes (fig. 11) (tabl. 9). Pour le clone *G 133* ($2n = 32$) la moitié des descendants est d'un type chromosomique et l'autre moitié de l'autre. Quant à l'origine des plantes à 48 chromosomes, elle doit être déterminée par l'observation de la formation des embryons ; on peut faire à ce sujet l'hypothèse déjà formulée par WARMKE, c'est-à-dire qu'elles proviendraient de l'union d'une cellule-œuf non réduite (32 chromosomes) et du noyau reproducteur mâle du grain de pollen (16 chromosomes). Il y aurait sans doute là, possibilité de recombinaisons. Il serait d'ailleurs intéressant de connaître les caractéristiques physiologiques de ces plantes à $2n = 48$ qui ne différencient pas toujours morphologiquement des plantes à $2n = 32$ issues du même clone. D'autre part la nature de leur descendance est aussi un problème à étudier.

TABLEAU 9

Relevé des nombres de chromosomes (2 *n*) *dans les descendances de clones de* Panicum maximum *d'après M^me* CAUDERON (Rapport de la station de Clermont 1967)

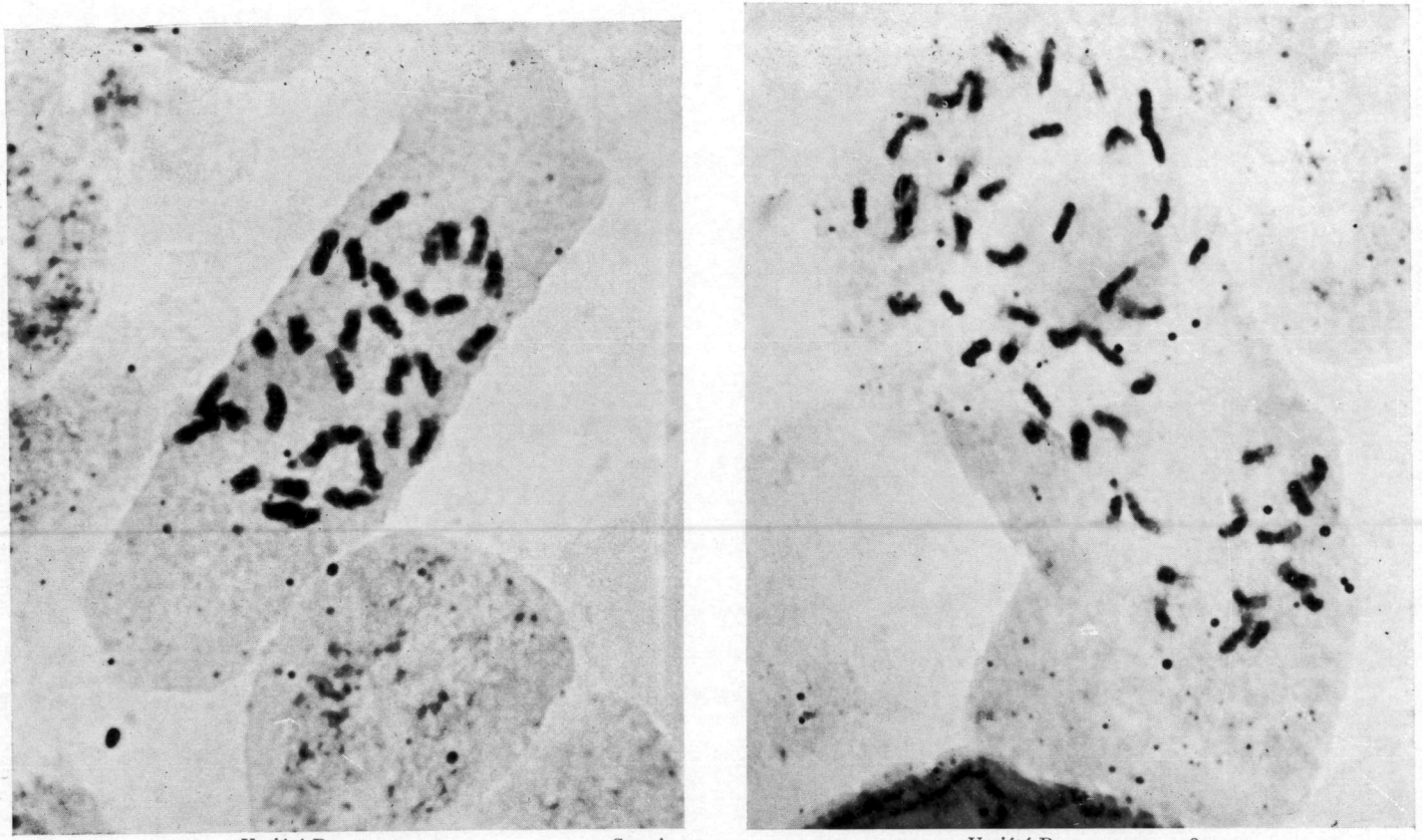
Numéro de la plante → / Généalogie ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S	32	48	32	32	32	32	32			
G 1	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
G 8	32	32	32							
G 45	32	32	32	32	32	32				
G 131	32	32	32	32	48	32	32			
G 133 (2n = 32)	32	48	32	48	32	48	48			
A 12	32	32	32	32	32	32				
A 14	32	32	32	32	32					
A 18-1	32	32	32	32	32	32	32			
A 18-2	32	32	32	32	32	32	48	32		
A 18-4	32	32	32 (2)	32	32	32				
B 16-4 (2) (2n = 48)										
B 41	32	48	32	48	32	32	32	32 (1)	32	0

(1) Plante morphologiquement différente des autres à 2 n = 32.
(2) Plante repérée dans une population par sa morphologie.

D. — *Discussion*

L'Herbe de Guinée est une plante encore « sauvage » : pour fixer des *objectifs* de sélection, il faut savoir la cultiver et l'exploiter. Le moyen le plus sûr pour y parvenir est d'étudier sa biologie.

— Pour la plupart des variétés d'Herbe de Guinée, l'induction à la floraison se manifeste toute l'année en plein champ. Or, le rendement journalier en matière sèche de la prairie augmente lorsque les coupes sont peu fréquentes (tabl. 6) ; cependant le déclenchement de la phase reproductive fait baisser la qualité du fourrage (BARNES, 1960). Il y a donc intérêt à cultiver des variétés qui *épient tardivement après la coupe.*



Variété B 41 $2n = 32$ Grossissement × 2300 Variété B 41 $2n = 48$

FIG. 11. — *Caryotypes chez* Panicum maximum (photographies réalisées par Mme Y. CAUDERON à la Station d'Amélioration des Plantes de Clermont-Ferrand)

— La décroissance de la longueur du jour entraîne une accélération du développement reproducteur. L'importance exacte d'accélération maximale serait un caractère variétal. Pendant cette période, la croissance de la tige et des organes reproducteurs serait de moins en moins accompagnée après chaque coupe par la photosynthèse et l'activité du système radiculaire, toutes deux de plus en plus réduites. Il serait préférable à cette époque de laisser la plante fleurir, former ses graines qui vont tomber rapidement alors qu'elle est encore verte et de lui permettre une accumulation de réserves. Ces réserves pourraient être utilisées lors d'une période de croissance ultérieure. Il y aurait donc intérêt à choisir des clones représentant une *accélération de développement nette, pendant une période relativement courte, précédant de peu la saison sèche* (janvier-mars) pour permettre une production d'herbe importante à cette époque.

— *La variabilité dans l'espèce est très grande* et il existe des clones *répondant à ces objectifs en particulier dans le type II*. Ils devront être choisis en priorité pour être décrits et étudiés avec plus de précision.

— Pourtant les clones de ce type ont bien des défauts, en particulier ils produisent peu de graines viables par rapport à certains clones du type IV. Or la technique d'implantation par semis est certainement celle qui prévaudra dans l'avenir. Mais la possibilité de recombinaisons génétiques est liée à la réussite des croisements qui, entre clones du même type et clones de types différents, est très problématique. Le degré d'apomixie reste à préciser, même si elle est de règle pour les embryons à $2n = 32$ chromosomes, on peut penser qu'un autre phénomène (sans doute sexué) *intervient dans la formation de ceux à* $2n = 48$ *chromosomes*. Des études sont indispensables sur la formation de ces embryons ainsi que sur l'utilisation des plantes qui en sont issues.

L'observation de l'hétérogénéité de descendance de plantes *castrées* et *pollinisées* par une population d'allopollen permettraient de préciser le degré d'apomixie des individus parentaux. Le fait que l'apomixie soit en général contrôlée génétiquement (STEBBINS, 1950), laisse espérer des différences dans les diverses populations.

CONCLUSION

L'Herbe de Guinée (*Panicum maximum* JACQ.) est l'une des graminées fourragères tropicales qui, par sa productivité et son aire d'adaptation très vaste, mérite d'être étudiée en premier. Le seul but de ce travail exploratoire est d'aider à dégager des thèmes de recherches et des méthodes d'approche, après une mise au point des faits acquis dans l'étude de cette plante. Les objectifs de sélection sont nombreux : productivité, régularité de production au long de l'année, bonne réponse à la fumure azotée, résistance aux parasites, production de graines et ils ne peuvent vraiment être précisés que si le mode de culture et d'exploitation sont mis au point. L'inventaire du matériel existant pour en apprécier la variabilité doit être poursuivi et précisé. L'étude de la biologie florale et de la formation des graines permettrait de pénétrer les mécanismes de reproduction et d'établir un programme de recombinaisons génétiques et de sélection.

Reçu pour publication en mars 1969.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Mme Yvonne CAUDERON qui a réalisé les études cytologiques, et nous a beaucoup aidé dans ce domaine, M. J. SALETTE qui nous a prodigué ses conseils et a effectué les analyses chimiques du matériel et M. F. JAILLOX qui a déterminé les maladies cryptogamiques.

Nous remercions également Dr H. L. HYLAND et Dr W. R. LANGFORD (U. S. D. A.) qui nous ont envoyé un matériel précieux ainsi que M. D. COMBES (O. R. S. T. O. M.) qui a bien voulu nous faire part de son expérience, et tous ceux qui nous ont apporté une aide matérielle au Laboratoire des Plantes fourragères de la Station d'Amélioration des Plantes du C. R. A. A. G.

SUMMARY

GUINEA GRASS, POSSIBLE ORIENTATIONS OF ITS SELECTION

The biological study of Guinea grass has just been started. Various publications, at least parts of them, dealwith the subject. The studies are mainly concerned with plant production according to the periods of the year and to the cultivation techniques, the percentage of proteins and of mineral components. However no attempt is made to give a physiological interpretation of the results. The reproduction system has been studied ; this species is a facultative apomictic, according to some studies, but the consequences for its selection have not been drawn.

By grouping 300 clones of various origins, it was possible to study the variability of the species at least morphologically. Their behaviour towards the chief parasite fungi in the environment of « Petit-Bourg » has been noted. Concerning the management of the crop, the importance of flowering has been brought into light.

The control of pollinisation based on the knowledge of the anthesis process has been projected.

The problem of apomixy, which prevents genetic recombinations, might be solved by the existence of plants with 48 chromosomes which should be obtained by the union of the nucleus of the non-reduced germ-cell with the reproductive nucleus of the pollen grain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSLOW R. C., 1966. The rate of appearance of leaves on tillers of the graminae. *Herb. Abstr.*, **36**, 3, 149-155.

BARNES D. L., 1960. Growth and management studies on *Sabi panicum* and Star Grass. *Rhodésie Agric. J.* part I, **57**, 5, 399-410, part II, **57**, 6, 451-458.

BOGDAN A. V., 1963. A note on breeding behaviour of *Panicum maximum* in Kenya. *Trop. Agric. Trin.*, **40**, 4, 313-314.

BOGDAN A. V., 1966. IN DAVIES W., SKIDMORE C. L. *Tropical Pastures* 83-84, Faber and Faber limited, London.

CARO-COSTAS R., VICENTE-CHANDLER J., 1961. Effects of two cuttings heights on yields of five tropical grasses. *J. Univ. Puerto Rico*, **45**, 1, 46-49.

CARO-COSTAS R., VICENTE-CHANDLER J., FIGARELLA J., 1960. The yields and composition of five grasses growing in the humid mountains of Puerto Rico as affected by nitrogen fertilization, season and harvest procedures. *J. Agric. Univ. Puerto Rico*, **44** 3, 107-119.

CLAYTON W. D., 1966. A key to Nigerian grasses. 73 pages. *Samaru Research Bull.* **1**, Govern. Printer, Kaduna.

DEGRAS L., 1965. Les Plantes fourragères au IXe Congrès international des Pâturages. *Compte rendu de mission C. R. A. A. G.*, Domaine Duclos, Petit-Bourg (Guadeloupe).

DEGRAS L., 1966. *Note d'information préliminaire sur les plantes fourragères utilisables en Côte-sous-le-Vent de la Guadeloupe.* (Rapport destiné à la Direction des Services agricoles).

DUMONT R., ROSIER B., 1966. *Nous allons à la famine*, 33-69. Éditions du seuil, Paris.

FOX N. F., WILSON R. C., 1959. Green Panic and its use in pastures. *Queensl. depart. Agric. and stock, Adv. leaflet* nº 518 11 p.

HORREL C. R., BREDON R. M., 1963. Management studies with *Panicum maximum* in Uganda. I. Effect of cutting interval and nitrogen fertilizer on yield. II. The effect of cutting interval and nitrogen fertilizer on chemical composition and nutritive value. *Emp. J. exper. Agric.*, **31**, 124, 334-350.

HUTCHINSON J. *et al.*, 1954. *Flora of West Tropical Africa*, **2** part 2, 495-7 500, 542-550, second édition, Crown agents for oversea governments and administrations. Milbank, London.

JONES M., 1966. IN DAVIES W., SKIDMORE C. L., *Tropical Pastures* 199-201, Faber and Faber limited, London.

MARTINELLI *et al.*, 1965. Seasonal growth of forage plant. *Proc. ninth internation. Grassland Congr.*, **2**, 951-957.

JOHNSON W. L. *et al.*, 1967. The nutritive value of *Panicum maximum* (Guinea Grass) 1. Yields and chemical composition related to season and herbage growth stage. 2. Digestibility by cattle and water buffaloes related to season and herbage growth stage. *J. Agric. Sci.*, **79** (2) 155-160 et 161-170.

MILTHORPE F. L., DAVIDSON J. L., 1966. In MILTHORPE F. L., IVINS J. D. *The growth of cereals and grasses* 241-255, Butterworths. London.

MOTTA M. S., 1953. *Panicum maximum. Emp. J. exper. Agric.*, **21**, 81, 33-41.

OAKES A. J., 1966. Effects of Nitrogen fertilization and harvest frequency on yield and composition of *Panicum maximum* JACQ. in dry tropics, 58, 1, 75-77.

PERIN DE BRICHAMBAULT Gr., 1950. Le genre Panicum. *Cah. Rech. agron.*, **3**, 338-345.

REBISCHUNG J., 1953. Études sur la variabilité des populations naturelles françaises de Dactyle. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**, 311-349.

REBISCHUNG J., 1962. Études sur la croissance et le développement du Dactyle (*Dactylis glomerata* L. ;) *Ann. Amélior. Plantes*, **12** (3) 175-196.

SALETTE J., 1966. *Note sur la possibilité des cultures fourragères sur les sols de la Côte-sous-le-Vent de Guadeloupe* (Rapport destiné à la D.S.A. de Guadeloupe).

SCHOFIELD J. L., 1944. The effects of season and frequency of cutting on the productivity of various grasses under coastal conditions in Northern Queensland. *Queensl. J. agric. Sci.* **1**, 24, 1-58.

SCHOFIELD J. L., 1945. Protein content and yield of grasses in the west tropics as influenced by seasonal productivity, frequency of cuttings and species. *Queensl. J. agric. Sci.*, **2**, 4, 209-243.

SCHOFIELD J. L., 1946. Mineral content and yield of grasses in the west tropics as influenced by seasonal productivity, frequency of cutting and species. *Queensl. J. agric. Sci.*, **3**, 1, 44-79.

STEBBINS G. L., 1950. *Variation and evolution in plants*, 381-419. Columbia univ. Press. New York.

STEHLE H., 1950. *Investigations sur les plantes fourragères dans les territoires caraïbes*, 35-44. Kent House Port of Spain, Trinidad.

VASQUEZ R., 1965. Effects of irrigation and nitrogen levels on the yields of Guinea grass, Para grass, and Guinea grass Kudzu and Para; grass Kudzu mixtures in Lajas Valley. *J. Agric. Univ. P. Rico.* **49**, 4, 389-412.

WARMKE H. E., 1951. Cytotaxonomic investigations of some varieties of *Panicum maximum* and *P. purpurascens* in Puerto Rico. *Agron. J.* **49**, 143-149.

WARMKE H. E., 1954. Apomixis in *Panicum maximum. Amer. J. Bot.* **41**, 5-11.

WHYTE R. O., 1959. *Prospection, Récolte et Introduction de Plantes*, 43-70 F. A. O, Rome.

WHYTE R. O., *al.*, 1959. *Les Graminées en Agriculture*, 405-411, F. A. O, Rome.

WHYTE R. O., 1964. *The grassland and fodder resources of India*, 434-487, 2nd Edition, Dalip Singh for I. C. A. R., New Delhi.

WILLIAMS W., 1964. *Genetical principles and Plant breeding*, 287-293, William Clowes and Sons Lt.d., « London and Beccles.

X, 1965. Guinea grass. *Queensl. Dept. Agric. and stock, Adv. Leaflet* nº 375 9 pages.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 265-276.

ÉTUDE DE LA COMPATIBILITÉ DE L'AMANDIER (*PRUNUS AMYGDALUS* L. BATSCH) GREFFÉ SUR DIVERS PRUNIERS

C. GRASSELLY

Station de Recherches d'Arboriculture fruitière,
Centre de Recherches agronomiques de Bordeaux, 33 — Pont-de-la-Maye
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

La recherche de porte-greffes de l'Amandier résistants à l'asphyxie nous a conduit à expérimenter trente-deux clones de Prunier ; diverses formes de *P. cerasifera* (EHRHART) et *P. marianna*, et quelques hybrides interspécifiques. Les essais réalisés en pépinières et en verger permettent d'observer que certaines variétés d'Amandier se comportent d'une manière satisfaisante sur porte-greffe Prunier.

Il semble cependant que l'on puisse, comme le font les auteurs américains, classer les variétés d'Amandier en deux groupes en fonction de leur comportement sur Prunier.

L'explication de ces différences de comportement ne peut actuellement être trouvée dans un état sanitaire différent ; elle est sans doute à rechercher dans des caractéristiques génétiques entraînant des différences biochimiques variétales.

INTRODUCTION

Pour différentes raisons, essentiellement économiques, il semble que la culture de l'Amandier suscite en France un nouvel intérêt, les progrès de la sélection dans le domaine de la floraison tardive et de la résistance aux maladies cryptogamiques, permettant l'extension de la culture de l'Amandier dans des régions nouvelles, posent le problème de l'adaptation de porte-greffes nouveaux. Si le porte-greffe classique de l'Amandier est demeuré longtemps le semis d'amandier, il semble que, dans des sols peu ou pas calcaires et suffisamment profonds, le semis de pêcher puisse être largement utilisé. En raison du meilleur comportement à l'irrigation et de la résistance aux nématodes de certaines de ses sélections, le semis de pêcher est utilisé de plus en plus en Californie comme porte-greffe de l'Amandier. Il peut, dans des sols non

chlorosants, donner d'excellents résultats. Des essais réalisés à la Station de Recherches d'Arboriculture fruitière de la Grande-Ferrade en 1967 ont montré également que les porte-greffes hybrides Amandier × Pêcher conféraient à l'espèce Amandier un très bon développement.

Le Prunier peut également, dans des conditions particulières, présenter de l'intérêt comme porte-greffe de l'Amandier.

Nous examinerons successivement les points suivants :

— les conditions de milieu où la racine de prunier peut présenter un intérêt comme porte-greffe de l'Amandier ;

— le comportement de divers types de pruniers compatibles avec les amandiers ;

— la compatibilité des principales variétés d'Amandier sur une série de clones de pruniers porte-greffes ;

— les causes possibles de cette incompatibilité.

I. — INTÉRÊT DU SYSTÈME RADICULAIRE DU PRUNIER COMME PORTE-GREFFE DE L'AMANDIER

Chez le genre *Prunus*, les greffages entre espèces sont souvent possibles et permettent d'étendre les zones de cultures de certaines d'entre elles, en fonction des aptitudes particulières des systèmes radiculaires des espèces utilisées comme porte-greffes. Les racines des espèces *P. domestica* (LINNÉ) et *P. cerasifera* présentent en général une bonne résistance à l'asphyxie hivernale et aux excès d'eau accidentels en cours de végétation. Leur résistance à la chlorose ferrique est variable et bien supérieure à celle des racines du semis de pêcher.

Les racines de ces deux espèces de *Prunus* sont en général moins sensibles au *Crown Gall* (*Bacterium tumefaciens*) que les racines d'Amandier et de Pêcher.

Quelques sélections clonales ont montré une bonne résistance aux galles causées par les nématodes (Méloïdogynes) (*Marianna 26-24* de Davis, Californie, U. S. A.) [1].

La replantation dans le même sol d'arbres greffés sur racines de pruniers succédant rapidement à des arbres greffés sur racines de pêchers est possible. Cette particularité mérite d'être soulignée car cette replantation succédant à une culture fruitière greffée sur Pêcher ne pourrait pas s'effectuer avec un porte-greffe pêcher. En effet, on constate dans ce dernier cas une diminution importante de vigueur provoquée par des phénomènes de toxicité dus aux déchets radiculaires laissés dans le sol.

Enfin, si on considère la vigueur induite par l'espèce porte-greffe, on peut estimer d'une façon générale que celle conférée par les racines de l'espèce *P. domestica* est moyenne alors que celle obtenue avec *P. cerasifera* est grande, avec cependant des différences variétales au sein de chaque espèce.

Pour ces différentes raisons, il semble que dans des zones où la culture intensive de l'Amandier avec irrigation, présente quelques risques d'asphyxie avec une racine pêcher ou amandier, l'utilisation d'un système radiculaire prunier puisse pallier cet inconvénient.

[1] Aux États-Unis, ce porte-greffe est utilisé en raison de sa résistance au Pourridié (*Armillaria mellea*

II. — COMPATIBILITÉ AU GREFFAGE DES PRUNIERS PORTE-GREFFES DE L'AMANDIER

Les pépiniéristes français de la vallée de la Loire multipliaient autrefois quelques variétés d'Amandier greffées sur semis de prunier *Saint-Julien*. DAY signale le bon comportement de JORDANOLO et d'autres variétés sur *Saint-Julien*, *Prunier d'Ente* et *Damson*. En général cependant, le prunier *P. domestica* a été peu employé comme porte-greffe de l'Amandier.

En Californie, HOWARD a étudié dès 1925 le comportement de l'amandier greffé sur semis de prunier *Myrobolan*, les résultats furent assez irréguliers. DAY rapporte en 1953 le bon comportement de plusieurs variétés d'Amandier greffées sur *Marianna 26-23* et *26-24* (1). Il semble en effet que l'on puisse trouver dans les espèces *P. cerasifera*, *P. Marianna* et leurs descendants, des porte-greffes plus vigoureux que dans l'espèce *P. domestica*.

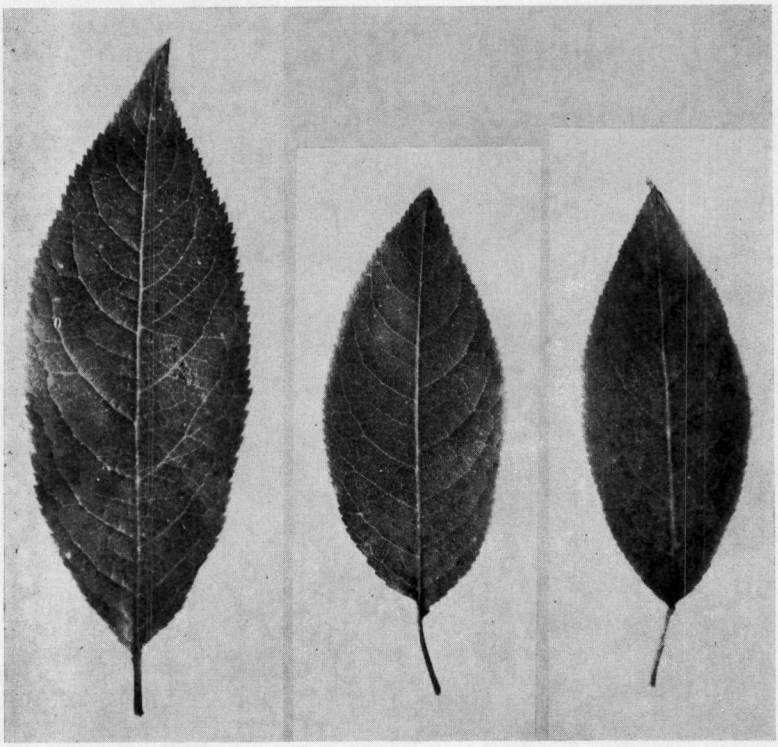


FIG. 1. — *Feuilles des porte-greffes hybrides*
A : F_1 (*P. 322* × *S. 1058*) 1 (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × *P. persica*.
B : *P. 872* (*P. cerasifera* × *P. amygdalus*).
C : *P. 566-1* (P. *cerasifera* × *P. amygdalus*.)

(1) Semis de *P. Marianna*, lui-même hybride de *P. cerasifera* × *P. munsoniana* selon les auteurs américains. Pour notre part, nous admettons plus volontiers qu'il s'agit d'un hybride *P. cerasifera* × *P. injuncunda*.

TABLEAU I

Essai de comportement de la variété Ardéchoise *sur 25 clones de pruniers*
Les observations en verger ont été réalisées sur deux arbres par clone porte-greffe

Porte-greffe	Observations pépinière 1957	Circonférence 1964 des deux arbres en cm	Observation couleur feuillage 1967
Myrobolan B, clone de *P. cerasifera*, East Malling	incompatible		
Myrobolan Wibaud, clone de *P. cerasifera*, Belgique	compatible très vig.	51,5-46,5	Feuillage vert normal.
P. 34, clone de *P., cerasifera*	compatible	35,5-mort	Feuillage enroulé et jaune.
P. 938, clone de *P. cerasifera*	compatible		
P. 1030, clone de *P. cerasifera*	compatible, très vig.	50,0-30,0	Feuillage jaune, arbre irrégulier.
P. 34-16, clone de *P. cerasifera*	compatible, très vig.	55,2-50,3	Feuillage très vert, très sain.
P. 1079, clone de *P. cerasifera*	compatible		
P. 855, clone de *P. cerasifera*	irrégulier	45,0-38,5	Feuillage vert.
P. 1254, clone de *P. cerasifera*	compatible	38,8-41,5	Feuillage légèrement jaune.
P. 31-8, clone de *P. cerasifera*	compatible, vig. faible	23,0-25,5	Feuillage jaune.
P. 31-10, clone de *P. cerasifera*	compatible, vig. faible		
P. 31-5 (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × *P. persica*	compatible		
P. 31-6, *P. cerasifera* × *P. salicina*	incompatible		
P. 252, *P. cerasifera* × *P. salicina*	compatible, vig. moyen.	26,9-26,5	Feuillage jaune.
P. 566, *P. cerasifera* × *P. salicina*	irrégulier	47,5-51,0	Feuillage vert.
P. 872, *P. cerasifera* × *P. amygdalus*	compatible, vig. moyen.	38,5-mort	Feuillage vert normal, un arbre mort asphyxié.
GF 8-1, clone issu de semis de *Marianna*	compatible et vigour.	48,0-35,0	Feuillage vert normal.
Marianna 26-24, clone issu de semis de *Marianna*	compatible, très vig.		
Myrobolan 79, clone issu de semis de *Marianna*	compatible, vig. moyen.	38,5-40,0	Feuillage vert.
P. 1251, clone issu de semis de *Marianna*	compatible, vig. moyen.	42,0-39,0	Feuillage vert.
P. 322 × *GF 8-1* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × *P. Marianna*	compatible, vig. faible	40,5-39,0	Feuillage vert foncé.
P. 322 × *P. 872* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. amygdalus*)	compatible, vig. faible	39,0-39,5	Feuillage vert, défeuillaison précoce à l'automne.
P. 322 × *P. 871* (*P. persica* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. persica*)	compatible, très vig.		Mort par asphyxie.
Damas de Toulouse : Prunus hybride ($2n = 40$)	compatible, très vig.	49,0-50,0	Feuillage vert, défeuillaison précoce à l'automne.
P. 566-1 (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × *P. amygdalus*	compatible, vig. moyen.		

En 1956, nous avons étudié le comportement de la variété d'Amandier *Ardéchoise* sur vingt-cinq clones différents de Prunier, dont quatorze clones de *P. cerasifera* ($n = 16$), quatre clones issus de *P. Marianna* ($2n = 24$), *Damas de Toulouse* ($2n = 40$) et six hybrides interspécifiques de première ou de seconde génération (*P. cerasifera* hybride par *P. amygdalus* ou *P. persica* (fig. 1). Après les observations effectuées en pépinières en 1957, les meilleures combinaisons obtenues ont alors été plantées à raison de deux arbres de chaque combinaison en sol d'alluvion limoneux de la Garonne et arrachées en 1968. Nous avons rassemblé dans le tableau 1 les résultats obtenus dans cet essai de comportement.

On remarquera la sensibilité à l'asphyxie des arbres greffés sur l'hybride *P. 872* (*P. cerasifera* × *P. amygdalus*) et le F_1 (*P. 322* × *872*) (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. amygdalus*). Ces deux hybrides ont hérité de *P. amygdalus* un système radiculaire peu fasciculé et d'aspect amandier.

On observe, dans ce tableau, des différences importantes entre les divers clones de *Myrobolan*. Ainsi, le clone *Myrobolan B* est complètement incompatible dès la pépinière alors que le clone *P. 34-16* confère une très grande vigueur et une bonne compatibilité. Le comportement des quatre clones issus de prunier *Marianna* : *Marianna 26-24* et *Myrobolan 29* de Davis (Californie, U. S. A.), *GF 8-1* et *P. 1251* de la Grande-Ferrade, I. N. R. A. est satisfaisant. On peut aussi remarquer que plusieurs clones, hybrides de *P.salicina*, montrent une incompatibilité ou une vigueur faible.

Avec les clones de ces pruniers, nous avons entrepris par la suite d'autres essais comportant plusieurs variétés.

III. — COMPATIBILITÉ DES VARIÉTÉS D'AMANDIER

Les résultats des essais de comportement sont très variables selon les variétés greffées et on constate que certaines variétés d'Amandier sont pratiquement incompatibles sur la plupart des porte-greffes Prunier essayés précédemment.

Le tableau 2 montre le comportement en pépinière et en verger de treize variétés d'Amandier greffées sur *Marianna 26-24* et *Myrobolan P. 34-16*, à raison de quinze arbres par combinaison (essai réalisé en 1960).

Nous avons également réalisé en 1960 un essai de greffage de trois variétés d'Amandier : *Nec Plus Ultra*, *Aï* et *Flour en Bas* sur une série de clones de pruniers et d'hybrides complexes. Le tableau 3 donne un résumé des observations réalisées, chaque combinaison comprenant quinze plants greffés.

On constate dans cet essai le bon comportement du *Marianna 26-24*, ce qui confirme les travaux de KESTER et HANSEN, ainsi que du *GF 8-1* ; la très nette incompatibilité avec l'Amandier de certains clones de *P. cerasifera*, dont le *Myrobolan B* d'East Malling, l'incompatibilité du *Buck Plum*, porte-greffe originaire d'Australie, hybride naturel supposé de *P. cerasifera* ou *P. Marianna* par *P. persica* (également incompatible avec le Pêcher).

On constate également l'incompatibilité de *Nec Plus Ultra* sur le *Marianna 4001* de Davis, ce qui confirme les observations de L. H. DAY.

TABLEAU 2

Comportement de seize variétés d'Amandier sur deux pruniers
(quinze arbres par combinaison variété-porte-greffe)

Variétés greffées	*Myrobolan P. 34-16* observé en pépinière	*Marianna 26-24*	
		observé en pépinière	observé en verger sur arbres âgés de six ans
Archéchoise	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	
Nec Plus Ultra		compatible, très vigoureux	bonne compatibilité, vigoureux.
A la Dame		compatible, très vigoureux	
Marcona	compatible	compatible, vigoureux	
Texas	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	
Flour En Bas		compatible	
I. X. L.		compatible	bonne compatibilité, vigoureux.
Aï	compatible	compatible	bonne compatibilité, vigoureux.
Fourcouronne		compatible	
Jordanolo		compatible	bonne compatibilité. vigoureux
Flots		compatible	
Cristomorto	incompatible	incompatible	
Desmayo	incompatible	incompatible	
Pizzuta d'Avola		compatible	bonne compatibilité, vigoureux.
Peerless		compatible	bonne compatibilité, vigoureux.
Princesse R 103	compatible		

TABLEAU 3

Comportement en pépinière de trois variétés d'Amandiers sur dix-huit clones de pruniers
(quinze arbres par combinaison variété-porte-greffe)

Porte-greffe	*Nec Plus Ultra*	*Flour En Bas*	*Ai*
P 16-5-1, clone de *P. cerasifera*	compatible		légèrement incompatible.
P. 34-16, clone de *P. cerasifera*	compatible		compatible.
P. 1096, clone de *P. cerasifera*	compatible, vigueur moy.		compatible.
P. 34, clone de *P. cerasifera*	compatible		compatible.
Myrobolan B, clone de *P. cerasifera* (E. Malling)	incompatible		incompatible.
P. 1079, clone de *P. cerasifera*		incompatible	incompatible.
P. 1753,		compatible, vigueur moy.	compatible.
P. 1030, clone de *P. cerasifera*		compatible	compatible.
Myrobolan 4001, clone issu de *P. Marianna*, Station de Davis (Californie)		incompatible	légèrement incompatible.
Buck Plum, *P. cerasifera* × *P. persica* (Australie)	incompatible		incompatible.
(*P. 322* × *566-3*)*2* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. amygdalus*)			compatible, vigueur moy.
P. 322 × *S. 1058* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. persica* (var. *Yunnan*)		compatible	compatible.
(*P. 322* × *P. 871*)*1* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. persica*)		compatible	compatible.
Marianna 26-24, Station de Davis (Californie)	compatible	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux.
GF 8-1, clone issu de *Marianna*	compatible, très vigoureux		compatible.

TABLEAU 4

Comportement de cinq variétés d'Amandier sur quatre porte-greffes clonaux (quinze arbres par combinaison variété-porte-greffe)

Porte-greffes	*Texas*	*Fournat de Brezenaud*	*Cristomorto*	*Ardéchoise*	*Desmayo*
P. 34-16, clone de *Myrobolan*	compatible, très vigoureux	compatible	légèrement incompatible	compatible, très vigoureux	incompatible
GF 8-1, clone issu de semis de *Marianna* .	compatible	compatible	incompatible	compatible	incompatible
(*P. 322* × *871*) *P. Myrobolan* × (*Myrobolan* × pêcher)	compatible	compatible	compatible, vigueur moyenne	compatible, très vigoureux	incompatible
P. 1096, clone de *Myrobolan*	incompatible	légèrement incompatible	incompatible	légèrement incompatible	incompatible

TABLEAU 5

Comportement de sept variétés d'Amandier sur cinq porte-greffes clonaux (quinze arbres par combinaison variété-porte-greffe)

Variétés	*P. 322* × *S. 1058* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × *P. persica*	*P. 322* × *P. 871* (*P. cerasifera* × *P. salicina*) × (*P. cerasifera* × *P. persica*)	*P. 1963* (*Prunus* aspect *domestica* $2n = 40$)	*P. 34-16* (clone de *P. cerasifera*)	*GF 8-1* (clone issu de *Marianna*)
Soucaret.....	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	jaunissement en fin d'année
Marcona.....	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux, un plant décollé	compatible, très vigoureux	compatible	compatible, un plant décollé
Ardéchoise	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux
Cristomorto....	vigueur moyenne	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	incompatible	incompatible
Aï	vigueur faible	compatible, très vigoureux	faible vigueur	compatible, de vigueur faible	compatible, de vigueur faible
Ferraduel	compatible, légèrement jaune	compatible	compatible, très vigoureux	incompatible	incompatible
Ferragnès	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible, très vigoureux	compatible	compatible

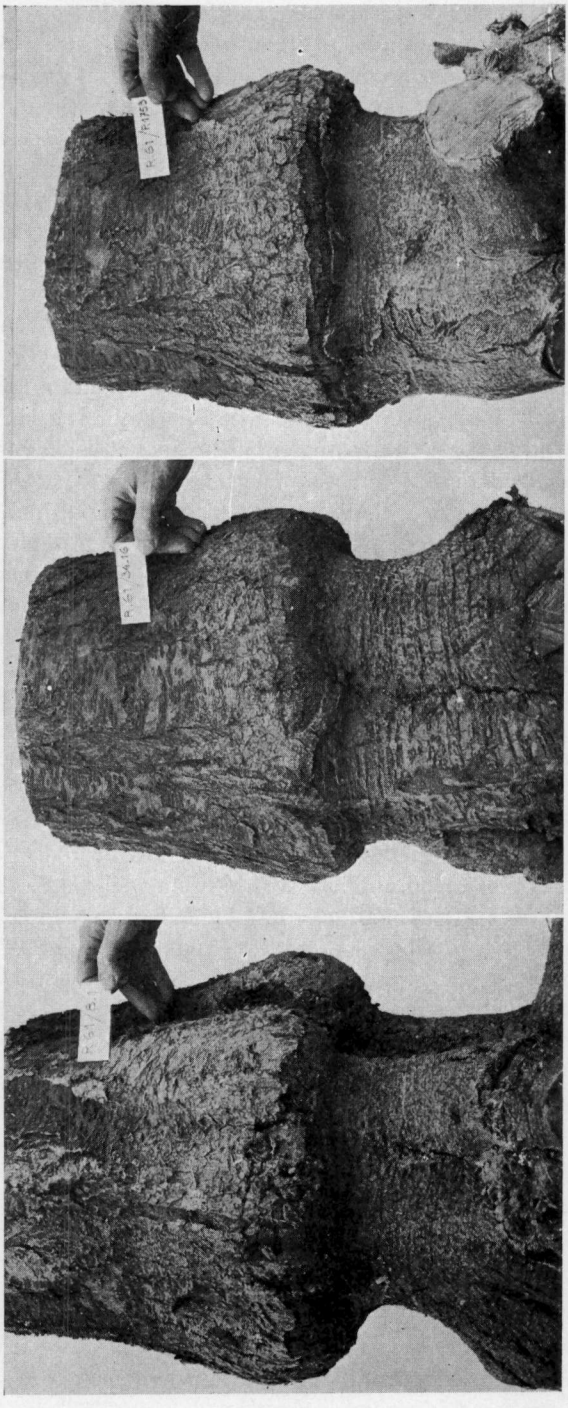


FIG. 2. — *Bourrelets de greffe de la variété d'Amandier* Ardéchoise *sur trois clones de pruniers, arbres âgés de 10 ans*

Par contre, l'hybride *P. 322* × *S. 1058* (hybride de prunier *Belsianna* par pêcher *Yunnan* réalisé par R. BERNHARD) se montre très compatible.

En 1964, un autre essai a été réalisé avec quatre clones porte-greffes et cinq variétés, chaque combinaison comprenant 30 à 35 plants greffés. Les observations effectuées en pépinière sont rassemblées dans le tableau 4.

On constate, dans ce tableau, que la variété italienne *Cristomorto* et la variété espagnole *Desmayo* sont généralement très incompatibles sur Prunier. Ceci confirme les résultats obtenus en 1960 et rassemblés dans le tableau 2. Cette observation sera confirmée en 1968 dans un essai comprenant cinq porte-greffes, sept variétés et réalisé avec quinze plants greffés dont les résultats sont rassemblés dans le tableau 5.

Dans cet essai comme dans les précédents, on observe la bonne affinité de la variété *Ardéchoise* greffée sur de nombreux pruniers porte-greffes. On constate aussi le bon comportement des porte-greffes hybrides (*P. 322* × *P. 871*), (*P. 322* × *S. 1058*) et *P. 1963* (ce dernier prunier, $2n = 40$, trouvé à l'état spontané, présente l'aspect d'un *P. domestica* ; il est très résistant à la Rouille et presque stérile).

Enfin, on remarque dans le comportement des deux nouvelles variétés *Ferragnès* et *Ferraduel*, toutes deux issues du croisement *Cristomorto* × *Aï*, que *Ferraduel* semble se comporter comme *Cristomorto*, complètement incompatible sur deux porte-greffes, alors que *Ferragnès* est compatible sur la plupart d'entre eux.

Ces essais permettent de constater que le comportement en verger semble confirmer les observations effectuées en pépinière (tabl. 1 et 2). A l'exception de quelques-unes, comme *Desmayo*, *Cristomorto*, *Ferraduel*, les variétés d'Amandier peuvent très bien se comporter sur certains clones de pruniers tels que *Marianna 26-24 GF 8-1*, *P. 34-16* (fig. 2). L'étude du comportement des hybrides interspécifiques permet de penser que quelques-uns d'entre eux pourront présenter un intérêt dans l'avenir, cependant il est nécessaire de prolonger leur expérimentation pendant quelques années.

Il est intéressant de noter qu'il existe un parallélisme entre le comportement des amandiers et des pêchers greffés sur les porte-greffes Prunier. Sur les clones de Prunier *Myrobolan* les plus incompatibles avec le pêcher tel que le *Myrobolan B*, on observe une incompatibilité très marquée de l'Amandier. Il semble cependant que les variétés d'Amandier compatibles sur Prunier soient plus tolérantes que le Pêcher ; ainsi les pêchers greffés sur *Marianna 26-24* ou sur *Myrobolan P. 34-16* sont légèrement compatibles alors que les variétés d'Amandier *Ardéchoise*, *Nec Plus Ultra*, etc., sont très compatibles. La recherche de nouveaux clones de porte-greffes Prunier pour l'Amandier pourrait donc débuter par des tests de compatibilité réalisés au préalable avec un greffon de Pêcher.

IV. — LES CAUSES DE L'INCOMPATIBILITÉ DES AMANDIERS SUR PRUNIERS

On admet généralement trois types d'incompatibilité au greffage :

1. incompatibilité de l'union se caractérisant par une discontinuité des tissus au niveau du point de greffe. Cette discontinuité provoque une fragilité et parfois un décollement du greffon à la moindre pression ;

2. incompatibilité de type foliaire, se manifestant par un jaunissement du feuillage provoqué par un blocage des métabolites au niveau de la soudure. C'est ce que l'on observe dans le cas du greffage du pêcher sur *P. cerasifera* dès la première année de végétation.

3. incompatibilité provoquée par certaines viroses du groupe *Chlorotic Leaf Spot* (*C. L. S.*) observée sur Pommier et Abricotier.

Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit d'une incompatibilité se rattachant plutôt à l'incompatibilité de type foliaire, manifeste dès la première année, mais accompagnée généralement d'une union défectueuse entre les deux partenaires.

Aux États-Unis, KESTER et HANSEN ont essayé, par l'emploi d'un intermédiaire, de pallier cette incompatibilité. Ils ont utilisé la variété *Nec Plus Ultra*, compatible avec le Prunier, comme intermédiaire, entre la variété *Non Pareil* incompatible, et le porte-greffe *Marianna 26-24*. L'emploi de l'intermédiaire améliore très généralement la combinaison mais ne la rend pas parfaite. Cette observation semble confirmer que l'incompatibilité amandier greffé sur prunier est de type foliaire.

Il est intéressant de noter la différence de comportement, sur le même porte-greffe, de variétés morphologiquement et génétiquement assez proches.

Nous avons cherché à vérifier que cette incompatibilité n'était pas induite par un état sanitaire défectueux. Les variétés *Cristomorto* et *Desmayo* ont été indexées avec les indicateurs classiques des principales viroses connues. Le résultat des indexages ayant été dans tous les cas négatif, l'éventualité de l'action d'un virus peut être au moins provisoirement écartée.

Nous avons tenté de tester le mode de contrôle génétique du caractère d'incompatibilité. Utilisant une série de quarante-cinq hybrides issus du croisement *Cristomorto* (très incompatible) et *Ardéchoise* (très compatible) nous avons greffé tous les individus hybrides sur le clone de *Myrobolan P. 34-16* à raison de quatre plants greffés par hybride, le résultat du comportement de ces descendants est le suivant : compatibles 27 sur 45, incompatibles 18 sur 45.

Nous n'observons aucune dominance qui pourrait s'expliquer dans l'hypothèse d'un génotype CC de l'un des parents et *cc* pour l'autre. Dans l'hypothèse d'un géniteur Cc et de l'autre *cc*, la proportion des descendants serait 1:1 ; le nombre réduit d'observations réalisées ne permet pas d'affirmer ou d'infirmer que nous sommes dans ce cas.

Ajoutons que l'indexage de ces descendances pour déceler le *Chlorotic Leaf Spot* (*C. L. S.*) a révélé qu'aucun de ces hybrides n'était atteint de cette virose. Celle-ci ne peut donc, dans ce cas, être considérée comme responsable de l'incompatibilité. Il faut donc rechercher dans les caractéristiques biochimiques des variétés, l'explication des différences de comportement au greffage.

CONCLUSIONS

Nous constatons que de nombreuses variétés d'Amandier se comportent bien, greffées sur Prunier. Il s'agit d'*Ardéchoise, Texas, Nec Plus Ultra, I. X. L., Ferragnès, Jordanolo, Flour en Bas, Fourcouronne, Peerless, Princesse R. 103.* D'autres, par contre, se montrent, dès le début de végétation en pépinière, très incompatibles ;

Desmayo, Cristomorto, Ferraduel auxquelles on peut ajouter *Non Pareil, Davey* et *Drake* notées incompatibles en Californie.

Quelques variétés, sans être complètement incompatibles, montrent sur Prunier une vigueur moindre ou un léger jaunissement du feuillage : *Aï, Marcona, Fournat de Brezenaud.*

Parmi les différents pruniers porte-greffes expérimentés, non seulement en pépinière mais aussi en verger, signalons parmi les pruniers *Myrobolan :* le *P. 34-16,* parmi les sélections de pruniers *Marianna* : le *Marianna 26-24* et le *GF 8-1.*

Les hybrides *Myrobolan* × Pêcher ou *Myrobolan* × Amandier se comportent également bien ; le système radiculaire de certains d'entre eux, peu fasciculé et de type amandier, est sensible à l'asphyxie, mais d'autres semblent prometteurs. Une relation entre la bonne compatibilité de greffe au stade pépinière et le développement en verger a été mise en évidence.

Un certain parallèlisme existe entre la compatibilité de l'Amandier et du Pêcher greffés sur différents clones de Prunier à croissance rapide ; cette relation peut accélérer un travail de sélection de porte-greffes pruniers pour l'Amandier.

Reçu pour publication en avril 1969.

SUMMARY

COMPATIBILITY OF ALMOND « PRUNUS AMYGDALUS » ON PLUM SPECIES ROOTSTOCKS

Plum species can be of interest as rootstocks for almond in particular soils conditions, mainly in compact soils with excessive moisture in winter.

Some *Prunus cerasifera* species and interspecific hybrids were tested in nursery and orchard. *Myrobolan P. 34-16, Marianna 26-24* and *GF 8-1* induce a very good vigor. Compatibility is good with *Prunus cerasifera* × *Prunus amygdalus* hybrids rootstocks, but their roots, almond-like, seem sensitive to water-logging. Following varieties of almond have a good affinity with plum rootstocks : *Aï, Ardéchoise, Avola, I. X. L., Ferragnès, Jordanolo, Nec Plus Ultra, Peerless, Texas.* Varieties *Cristomorto, Desmayo* and *Ferradual* show incompatibilities.

No virus has been detected by indexing varieties which shows symptoms of incompatibility.

Records of the affinity of 45 hybrids from the cross *Ardéchoise* (compatible) × *Cristomorto* (incompatible), show a disjonction. The author suggests a genetic control of the compatibility.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERNHARD R., 1962. Les hybrides Prunier × Amandier, Prunier × Pêcher et principales caractéristiques, comportement comme porte-greffes éventuels du Pêcher. *Proc. 15 th internat. Hortic. Congr.*, **2**, 74-86.

DAY L. H., 1953. Rootstocks for stone fruits. *Bull. 736, Calif. Exper. Stn-Ext. Serv.*

HANSEN C., KESTER D., 1955. Almond varieties on plum rootstocks. *Calif. Agric.* **9**, 2, p. 9.

KESTER D., HANSEN C., PANETSOS, 1965. Effect of scion and interstock variety on incompatibility on *Marianna 26-24. Proc. Amer. Soc. hortic. Sci,.* **86**, 169-177.

KESTER D., HANSEN C., 1964. Compatibility of Almond varieties on *Marianna* 26-24 rootstocks. *Calif. Agric.* **18**, 9, 8-10.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 277-288.

QUELQUES ASPECTS DE LA TRIPLOÏDIE CHEZ LE TRÈFLE VIOLET (*T. PRATENSE* L.)

D. MAIZONNIER

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches de Dijon,
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

A la suite de croisements réciproques entre formes diploïdes et tétraploïdes de Trèfle violet, nous avons montré qu'on pouvait obtenir une descendance triploïde viable avec une fréquence voisine de 1 plante pour 1 000 pollinisations individuelles quand le parent femelle est une plante diploïde, et d'à peu près 3 pour 1 000 dans le croisement réciproque. Les proportions de gamètes euploïdes et aneuploïdes résultant de la microsporogenèse sont comparables. Dans les croisements $4x \times 2x$, il s'est formé statistiquement autant d'eutriploïdes que d'aneutriploïdes ce qui tend à prouver que, chez les tétraploïdes, la gamétogenèse femelle aboutit à la formation d'autant de gamètes aneuploïdes que la gamétogenèse mâle. Les mêmes fréquences d'élimination zygotique ou gamétique semblent intervenir au cours de la formation des tétraploïdes et des triploïdes. La descendance tétraploïde obtenue après pollinisation de plantes tétraploïdes non castrées, par du pollen haploïde, est moins abondante que celle que l'on obtient après autofécondation des mêmes plantes. Une aptitude de deux génotypes femelles diploïdes à accepter des embryons triploïdes a pu être mise en évidence.

INTRODUCTION

Si chez certaines espèces la production de plantes triploïdes n'offre pas de difficultés particulières et peut même présenter un intérêt pratique certain (betterave, jacinthe, pastèque etc...), ce niveau de ploïdie semble difficile à réaliser pour d'autres espèces parmi lesquelles se trouve le Trèfle violet. D'après HAGBERG et ÅKERBERG (1962), le Trèfle violet fait partie des espèces chez lesquelles les croisements entre formes diploïde et tétraploïde conduisent le plus souvent à l'avortement des embryons triploïdes formés. Cet avortement d'embryons triploïdes qui contribue à diminuer la

fertilité des plantes tétraploïdes insuffisamment isolées des plantes diploïdes et la présence de plantes eu- et aneutriploïdes au sein des populations de Trèfle violet que nous avons étudiées nous a incité à entreprendre une étude destinée à :

— connaître la fréquence d'obtention de plantes triploïdes par l'étude de la descendance de croisements $2x \times 4x$ et de leurs réciproques ;

— étudier les irrégularités de répartition anaphasique produites au cours de la gamétogenèse femelle de plantes tétraploïdes ; (une étude cytologique directe de ces anomalies pourrait être très longue et d'aboutissement incertain. Nous avons préféré opter pour une méthode indirecte qui consiste à déterminer le nombre chromosomique des descendants issus de croisements entre les formes $4x$ produisant des gamètes à nombre chromosomique variable et des formes $2x$ dont les gamètes ont un nombre chromosomique constant et connu);

— comparer ces irrégularités à celles que l'on peut observer directement par l'étude cytologique de la méiose des cellules mères de grains de pollen.

Accessoirement, cette étude nous a permis de constater que l'apport de pollen haploïde sur les stigmates de plantes tétraploïdes non castrées contribue à diminuer l'importance de leur descendance tétraploïde issue d'autopollinisation et de mettre en évidence que certaines plantes diploïdes, d'origine génétique donnée, produisent plus de plantes triploïdes que d'autres.

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

La triploïdie et les problèmes posés par l'aneutriploïdie chez la Betterave sont bien connus puisque ce niveau de ploïdie est utilisé en grande culture (LINDE-LAURSEN, 1964 ; ROMMEL, 1965 ; BOSEMARK, 1966).

L'apparition de triploïdes spontanés issus de la fécondation d'un gamète non réduit par un gamète normal a été signalée chez le Maïs par ALEXANDER et BECKETT (1963).

Travaillant sur le Seigle, HAGBERG et ELLERSTRÖM (1959) ; KOO (1958), constatent une diminution de fertilité des diploïdes mais surtout des tétraploïdes lorsque les deux formes sont cultivées côte à côte. Ils interprètent ce phénomène par l'avortement des embryons triploïdes formés.

DOWNEY et ARMSTRONG (1962) chez *Brassica campestris* montrent que sur un stigmate tétraploïde, le pollen haploïde a un avantage compétitif sur le pollen diploïde et que la fertilité des tétraploïdes diminue lorsqu'on les cultive à proximité de diploïdes. Il doit donc se former des embryons triploïdes qui avortent prématurément.

Enfin, sur Trèfle violet, SCHWEIGER (1959) cultive en mélange des diploïdes et des tétraploïdes et enregistre une baisse de fertilité des tétraploïdes alors que les diploïdes gardent une fertilité normale. Il en conclut que la diminution de fertilité des tétraploïdes est due à l'avortement des embryons triploïdes.

LACZYNSKA-HULEWICZOVA (1957) pense que la culture de trèfles diploïdes au voisinage de tétraploïdes ne diminue pas le rendement en graines de ces derniers et qu'il ne se forme pas de triploïdes.

JULEN (1950) pollinise des trèfles tétraploïdes avec du pollen haploïde et constate une diminution de fertilité considérable. Cet auteur observe la même baisse de fertilité par pollinisation avec un mélange de pollen haploïde et diploïde. Dans les deux cas, il se forme un grand nombre de graines médiocres qui ne germent pas. Sur 54 individus ayant fait l'objet d'un dénombrement chromosomique, deux se sont révélés triploïdes. Une étude comparée de la vitesse de croissance des tubes polliniques haploïdes et diploïdes permet à cet auteur de conclure que le pollen haploïde assure la majorité des fécondations et que les embryons triploïdes formés avortent prématurément ou produisent des graines mal développées incapables de germer. Pour JULEN, la nécessité d'isoler les cultures tétraploïdes des cultures diploïdes ne fait aucun doute.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal utilisé a été le suivant :

1. *Pour la réalisation des croisements* $2x \times 4x$

— Vingt plantes diploïdes ($2n = 14$ chromosomes) dont 10 de la variété commerciale *Kuhn* (K) et 10 choisies au sein de matériel étudié en sélection et comprenant 3 origines différentes dénommées H (2 plantes), FW (4), GE (4) ;

— Vingt plantes eutétraploïdes ($2n = 28$ chromosomes), au niveau de la troisième génération après le traitement à la colchicine (C_3), classées arbitrairement en 3 catégories : autostériles, peu autofertiles (autofertilité inférieure à 4 graines pour 100 fleurs) et assez autofertiles (4 graines ou plus pour 100 fleurs).

2. *Pour l'observation de la microsporogenèse*

— Quarante-huit plantes eutétraploïdes réparties sur 2 générations (C_2 et C_3) et en 2 grandes catégories d'origines différentes quant à leur taux de fertilité.

Les plantes ont été maintenues en chambre climatisée (20°C, 16 heures de lumière artificielle) depuis le stade rosette jusqu'à complète maturation des graines pour les 40 plantes utilisées en croisement $2x \times 4x$ et jusqu'au stade méiose pour les 48 plantes dont nous avons étudié la microsporogenèse.

Plus de 10 000 croisements manuels, portant sur plus de 150 inflorescences, ont été effectués dans chaque sens. Aucune castration n'a été pratiquée. Les plantes se trouvaient dans une enceinte à l'abri de toute intrusion de pollinisateurs.

La détermination des niveaux de ploïdie des descendances, par la technique décrite par MAIZONNIER (1968) a été faite sur racines séminales pour un tri rapide entre di-, tri- et tétraploïdes. Le nombre chromosomique précis de chaque plante triploïde a fait l'objet de plusieurs vérifications ultérieures.

Les répartitions anaphasiques en méiose ont été observées après écrasements dans l'acétocarmin de jeunes boutons floraux fixés au Carnoy.

RÉSULTATS

A. — *Fréquence des triploïdes*

1. *Dans la descendance des croisements* $2x \times 4x$.

Pour 10 205 pollinisations effectuées sur des individus diploïdes avec du pollen de tétraploïdes (155 inflorescences) 33 graines de taille normale ont été récoltées. Deux graines n'ont pas germé et sur les 31 plantules obtenues 4 sont mortes avant

que leur niveau de ploïdie ait pu être déterminé. Sur les 27 plantules vivantes, les niveaux de ploïdie se répartissent de la manière suivante : 8 plantes diploïdes, 7 plantes tétraploïdes et 12 plantes eutriploïdes et hypertriploïdes (fréquence des triploïdes à peine supérieure à 10^{-3}).

Les 8 diploïdes formés sont très probablement issus d'autofécondations. On sait en effet que le système d'incompatibilité commandé par les allèles de la série S peut admettre quelques autofécondations (fréquence couramment comprise entre 10^{-2} et 10^{-4}).

Les 7 graines tétraploïdes obtenues ont été récoltées sur 3 inflorescences portées par 2 plantes différentes. Une plante (K 10) a produit 2 inflorescences dont l'une a donné naissance à 4 eutétraploïdes et une hypertétraploïde (29 chromosomes) et l'autre à une eutétraploïde. L'autre graine a été récoltée sur un capitule d'une plante GE.

La formation de ces graines tétraploïdes peut avoir deux origines :

a) fécondation d'un gamète femelle non réduit par un grain de pollen diploïde;

b) présence d'un secteur tétraploïde, au moins pour la plante K 10, ayant permis la formation de graines tétraploïdes soit en croisement soit en autofécondation. En effet, sur cette plante, 11 inflorescences ont été utilisées en croisement. Seules deux d'entre elles ont produit des graines tétraploïdes, les autres ayant été stériles. Cette observation suggère la présence d'une chimère naturelle.

Sur les 12 triploïdes obtenus, 7 ont 21 chromosomes et 5 en ont 22. Sur des effectifs aussi faibles, il est difficile d'affirmer qu'il se forme statistiquement autant d'euploïdes que d'aneuploïdes.

Les plantes diploïdes ont une méiose régulière et ne forment que des gamètes à 7 chromosomes. Les plantes à 21 chromosomes proviennent de la fécondation d'un ovule à 7 chromosomes par un gamète mâle à 14 chromosomes. Pour obtenir des plantes à 22 chromosomes, il a fallu l'intervention de grains de pollen à 15 chromosomes. Les observations de la méiose au cours de la microsporogenèse des tétraploïdes confirment que de tels gamètes peuvent se former avec une fréquence voisine de

TABLEAU I

Fréquence des différents types de répartitions anaphasiques au cours de la microsporogenèse des 4x

	Répartitions anaphasiques				
	14-14	13-15	12-16	Divers	Total
Effectifs observés	466	329	84	80	959
Fréquence (%)	48,6	34,3	8,8	8,3	
Fréquence (%) divers exclus	53,0	37,4	9,6		

Parmi les divers de la colonne 4, on trouve d'autres types de répartitions (17-11 et même 19-9) et des télophases ayant des chromosomes retardataires.

19 p. 100 (tabl. 1) et qu'ils s'accompagnent de gamètes hypoploïdes à 13 chromosomes. La présence de plantes hypotétraploïdes (27 chromosomes) dans les populations tétraploïdes montre que les gamètes à 13 chromosomes peuvent être fonctionnels. La fréquence des plantes hypoploïdes étant, de plus de la moitié inférieure à celle des plantes hyperploïdes à 29 chromosomes (tabl. 2), il se produit une élimination gamétique ou zygotique des hypoploïdes. Une élimination de même nature semble se produire dans les croisements $2x \times 4x$. Avec des effectifs plus élevés, des hypotriploïdes seraient sans doute apparus.

En plus des 33 graines de taille normale, les 10 205 croisements réalisés ont produit 749 graines de petite taille, incapables de germer, et qui peuvent trouver leur origine dans des combinaisons triploïdes non viables ayant avorté peu après la fécondation. L'élimination zygotique des hypotriploïdes peut rendre compte d'une fraction de ces petites graines.

L'utilisation d'une origine unique de plantes tétraploïdes ne nous a pas permis d'apprécier l'influence génétique du gamète mâle diploïde sur l'obtention d'une descendance triploïde.

2. *Dans la descendance des croisements $4x \times 2x$.*

Le tableau 3 résume les résultats obtenus dans ce type de croisements.

On peut constater que les 10 720 fleurs de plantes $4x$ ayant reçu du pollen haploïde ont produit 441 graines soit une fertilité moyenne de 4,1 graines pour 100 fleurs. Ces graines, de taille normale, mises en germination, ont bien gonflé mais 98 d'entre elles (22,2 p. 100) n'ont pas germé (seuls les téguments s'étaient développés).

Sur les 343 graines germées, 11 plantules, soit 2,5 p. 100 des graines obtenues, sont mortes sans que l'on ait pu déterminer leurs nombres chromosomiques. Parmi les 332 plantules vivantes nous avons dénombré 301 tétraploïdes (issues d'autofécondations des tétraploïdes) et 31 triploïdes ou subtriploïdes.

Le nombre chromosomique de deux de ces plantules triploïdes n'a pu être confirmé, celles-ci n'ayant pas vécu assez longtemps pour permettre un nouveau dénombrement. Quoi qu'il en soit, la triploïdie a été obtenue avec une fréquence de $2{,}9 \times 10^{-3}$ rapportée au nombre de fleurs croisées et de 7 p. 100 des graines produites. Cette fréquence n'est pas négligeable.

L'origine génétique du gamète mâle ne semble pas, pour le matériel utilisé dans cette étude, modifier la fréquence d'apparition des plantes triploïdes.

B. — *Étude comparée de la microsporogenèse et de la mégasporogenèse des tétraploïdes*

1. *Étude directe de la méiose mâle des tétraploïdes.*

L'étude des répartitions chromosomiques en anaphase I a donné les résultats consignés dans le tableau 1.

Il ressort de ce tableau que la première anaphase produit à peu près autant de groupes chromosomiques aneuploïdes que de groupes euploïdes. Les anomalies de répartition de l'anaphase II ne doivent pas modifier notablement ces proportions puisqu'elles peuvent se produire aussi bien sur les deux types de groupes chromosomiques euploïdes ou aneuploïdes. On peut donc s'attendre à ce que statistiquement les grains de pollen euploïdes et aneuploïdes soient formés en nombre égal.

TABLEAU 2

Fréquences comparées des aneutétraploïdes et des aneutriploïdes

		Hypoaneuploïdes		Total euploïdes	Total aneuploïdes	Hyperaneuploïdes			
		$2n - 2$	$2n - 1$			$2n + 1$	$2n + 2$	$2n + 3$	$2n + 4$
Tétraploïdes	Effectifs.....	3	115	503	512	290	89	13	2
	P. 100	0,6	22,4	49,5	50,5	56,6	17,4	2,5	0,4
Triploïdes	P. 100*	0	23,0	55,1	44,9	53,9	15,4	0	0
	Effectifs.....	0	3	16	12**	7	2	0	0

Les pourcentages d'hypo- et d'hyperaneuploïdes se rapportent à l'effectif total des aneuploïdes.

* La somme des fréquences des aneutriploïdes n'est pas égale à 100, la plante à 15 chromosomes (voir tabl. 4) ne figurant pas dans ce tableau.

** La plante à 15 chromosomes n'est pas comprise dans ce total mais la fréquence des aneutriploïdes (44,9) en tient compte.

TABLEAU 3

Résultats obtenus par croisement ♀ $4x$ × ♂ $2x$

Origine du gamète ♂	Nombre de fleurs croisées	Graines obtenues	Graines non germées	Graines germées	Plantules mortes	Tétraploïdes	Triploïdes	Triploïdes pour 10^4 fleurs croisées
FW	2 240	109	18	91	3	83	5	23,3
H.....	2 295	82	25	57	2	47	8	34,8
GE	2 445	91	24	67	3	57	7	28,6
K.....	3 740	159	31	128	3	114	11	29,4
Total.....	10 720	441	98	343	11	301	31	28,9
P. 100			22,2	77,8	2,5	68,3	7,0	

2. *Étude indirecte de la méiose femelle des tétraploïdes : analyse chromosomique des triploïdes de la descendance des croisements* $4x \times 2x$.

Les résultats du tableau 4 montrent qu'il se forme statistiquement autant de plantes eutriploïdes que de plantes aneutriploïdes ($\chi^2 = 0{,}31$, pour une hypothèse euploïdes/aneuploïdes = 1, soit $0{,}70 > P > 0{,}50$). Il faut souligner cependant que nous avons affaire à des effectifs faibles.

TABLEAU 4

Effectifs des différents types de triploïdes obtenus dans les croisements $4x \times 2x$

Total général	Triploïdes		Hypotriploïdes			Hypertriploïdes		
	Euploïdes	Aneuploïdes	Total	$2n = 20$	$2n = 15$	Total	$2n = 22$	$2n = 23$
29	16	13	4	3	1	9	7	2

Puisque le gamète mâle a un nombre chromosomique constant ($n = 7$), on peut en conclure que les anomalies de méiose qui se produisent au cours de la gamétogenèse femelle aboutissent à la formation d'autant d'oosphères aneuploïdes que d'oosphères euploïdes. Sur *Melilotus alba* autotétraploïde, Das (1953) avait fait une étude cytologique de la mégasporogenèse et avait constaté que 77,76 p. 100 des cellules observées en anaphase et télophase I et II présentaient des anomalies. L'étude de la méiose femelle des tétraploïdes d'autres espèces ne semble pas avoir été abordée et l'on admettait sans démonstration que gamètes femelles et gamètes mâles aneuploïdes se formaient avec une fréquence identique. Cette hypothèse se trouverait donc vérifiée sur notre matériel d'étude sans que nous ayons eu recours à une analyse cytologique de la mégasporogenèse.

L'utilisation de cette méthode indirecte n'est pas exempte de critique. Elle conduit en effet à comparer des observations effectuées lors de la gamétogenèse mâle au produit de l'union des gamètes mâle et femelle. Or une analyse détaillée des résultats montre une fréquence d'hypertriploïdes très supérieure à celle des hypotriploïdes (9 pour 4). Il se produit donc une élimination d'hypoploïdes soit au niveau zygotique soit au niveau gamétique. Il est intéressant de noter que les aneuploïdes les plus fréquents sont ceux qui possèdent un chromosome supplémentaire, fait déjà observé chez les tétraploïdes. Les résultats obtenus chez les tétraploïdes au cours d'une autre étude, sont comparés dans le tableau 2 à ceux obtenus dans les croisements $4x \times 2x$. L'analyse statistique de l'homogénéité des résultats donne une valeur du $\chi^2 = 0{,}598$ (voir tabl. 5 où nous avons regroupé les données en trois classes : hypoploïdes, euploïdes et hyperploïdes).

Une telle valeur du χ^2 nous donne une probabilité de vérification de l'hypothèse d'homogénéité comprise entre 0,80 et 0,70. Le même type d'élimination de gamètes ou de zygotes semble donc intervenir dans les deux cas. Cette élimination est certainement plus zygotique que gamétique et porte sur des combinaisons hypoploïdes car chez les triploïdes un des gamètes est toujours équilibré. On devrait donc observer plus d'individus à $2n - 1$ chromosomes chez les triploïdes que chez les tétraploïdes.

Supposons que la présence d'un chromosome supplémentaire ne nuise pas à la viabilité des zygotes et puisque les fréquences d'aneutétraploïdes sont voisines de celles des aneutriploïdes, raisonnons sur les tétraploïdes. Statistiquement, il peut y avoir 7 types de pentasomiques ($4x + 1$) différents, chaque type pouvant avoir la

TABLEAU 5

Analyse statistique des résultats du tableau 2
(Contingence 2 × 3)

		Hypoploïdes	Euploïdes	Hyperploïdes	Total
Tétraploïdes	Effectifs observés	118	503	394	1 015
	Effectifs calculés	117,7	505	392,3	
Triploïdes	Effectifs observés	3	16	9	28
	Effectifs calculés	3,3	14	10,7	
	Total.....	121	519	403	1 043

Les effectifs théoriques sont calculés par la méthode décrite par LAMOTTE (1962).

même probabilité de réalisation. Pour une fréquence globale voisine de 56 p. 100 (56,6, tabl. 2) chaque pentasomique est alors représenté par une fréquence de 8 p. 100. Une fréquence totale voisine de 24 p. 100 (22,4, tabl. 2) ne correspondrait qu'à 3 types de trisomiques ($4x - 1$). Il y aurait donc 4 chromosomes sur 7 dont l'absence conduirait à la mort de l'individu au stade embryonnaire. Ces chromosomes pourraient porter des allèles dont l'action est complémentaire ou qui nécessitent une dose paire pour exprimer leurs effets.

La plante, trisomique, à 15 chromosomes (tabl. 4) mérite d'être étudiée particulièrement car elle est proche du niveau diploïde ; des plantes ayant ce nombre chromosomique ainsi que des plantes à 16 chromosomes sont assez faciles à obtenir lorsqu'on laisse des triploïdes se reproduire en pollinisation libre. L'apparition de cette plante dans la descendance d'un individu tétraploïde doit faire appel soit au développement parthénogénétique d'un ovule à 15 chromosomes soit à une double réduction d'un gamète femelle à 16 chromosomes, ou encore à la formation, à la suite d'une méiose totalement déséquilibrée, d'une oosphère à 8 chromosomes. Un tel déséquilibre des groupes polaires produits en anaphase I n'a jamais été observé dans les études cytologiques effectuées sur la méiose des cellules mères de grains de pollen. Il faut cependant noter que cette plante est peut-être apparue grâce aux conditions particulièrement favorables de la chambre climatisée. Il n'en reste pas moins vrai qu'une telle plante peut constituer une étape de passage du niveau tétraploïde au niveau diploïde.

C. — *Résultats annexes*

1. *Influence du pollen haploïde sur le volume de la descendance provenant d'autopollinisation des plantes tétraploïdes.*

Chaque plante tétraploïde, non castrée, utilisée en croisement $4x \times 2x$ a été testée en ce qui concerne son aptitude à produire des graines en autofécondation. On a pu ainsi établir une moyenne d'autofertilité de la population tétraploïde étudiée (3,8 graines pour 100 fleurs autofécondées). Cette moyenne est très voisine de celle que l'on a obtenue pour la fertilité des croisements $4x \times 2x$ (4,1 graines pour 100 pollinisations). On pourrait donc penser que la présence de pollen haploïde mis en compétition avec l'autopollen, ne modifie pas la possibilité qu'a celui-ci d'assurer la fécondation. Cependant, lorsqu'on considère la descendance obtenue dans les croisements $4x \times 2x$ (tabl. 3), on s'aperçoit qu'environ 25 p. 100 des graines formées n'ont pas donné de plantules viables. La mise en germination de 82 graines issues d'autofécondation des plantes mères tétraploïdes a produit 78 plantules soit un déchet inférieur à 5 p. 100. Si l'on chiffre la fertilité non pas sur la production de graines mais sur l'effectif réel de la descendance, on peut conclure que l'apport de pollen haploïde sur des stigmates tétraploïdes a diminué la fertilité des tétraploïdes d'environ 20 p. 100. La triploïdie est apparue dans 7 p. 100 des graines obtenues donc un minimum de 27 p. 100 des fécondations a été assuré par du pollen haploïde et les 3/4 des combinaisons triploïdes ont avorté. Il est possible que certains produits des fécondations assurées par du pollen haploïde aient avorté trop rapidement pour qu'une graine ait pu s'organiser : le chiffre de 27 p. 100 constitue donc bien un minimum.

2. *Influence génétique du parent femelle diploïde sur l'obtention des triploïdes.*

Lorsque l'on considère le tableau 6, il est frappant de constater que certains génotypes diploïdes ont donné une descendance triploïde lorsqu'on les a utilisés comme parents femelles alors que d'autres n'en n'ont pas produit.

TABLEAU 6

Obtention des triploïdes en fonction de l'origine du parent ♀ diploïde

	Origine du parent ♀ diploïde			
	FW	H	GE	K
Nombre de fleurs croisées	2 150	1 880	2 375	3 800
Triploïdes obtenus	5	7	0	0

Autrement dit, en n'utilisant que GE et K nous aurions risqué de faire plus de 6 000 croisements sans obtenir un seul triploïde. L'apparition des triploïdes chez le Trèfle violet doit donc dépendre de l'origine génétique du matériel utilisé.

L'influence génétique du parent femelle tétraploïde sur l'obtention de la triploïdie n'a pu être testée car nous n'avons utilisé qu'une seule origine de matériel tétraploïde.

CONCLUSIONS

Cette étude nous a permis de mettre en évidence que les triploïdes de Trèfle violet apparaissent et sont viables quel que soit le sens du croisement entre plantes diploïdes et tétraploïdes mais avec une fréquence supérieure lorsque le parent femelle est une plante tétraploïde (rapport de fréquence de 1 à 3).

Les combinaisons zygotiques triploïdes qui avortent contribuent à abaisser la fertilité des tétraploïdes à la génération du croisement, et les plantes eu- ou aneutriploïdes viables ne peuvent qu'avoir une fertilité très inférieure à celle des tétraploïdes à la génération suivante (une étude sera entreprise). Il convient donc d'isoler sérieusement les deux types de cultures.

Malgré des effectifs limités, la méthode indirecte que nous avions choisie nous a permis de considérer comme acceptable l'hypothèse, généralement formulée, que les anomalies observées au cours de la microsporogenèse ont la même fréquence que celles qui se produisent à la mégasporogenèse, et de montrer qu'une élimination systématique de certaines combinaisons intervient avec la même fréquence dans les croisements $4x \times 2x$ que dans les croisements $4x \times 4x$.

Enfin, l'apparition de triploïdes sur des plantes mères diploïdes semble très liée à l'origine du matériel utilisé.

Reçu pour publication en juin 1969.

SUMMARY

SOME ASPECTS OF TRIPLOIDY IN RED CLOVER
(« TRIFOLIUM PRATENSE » L.)

Triploid plants of red Clover arose among the progenies of crosses between diploid and tetraploid plants and their reciprocals with a frequency of about 1 plant per 1 000 crossed flowers when the female parent is a diploid plant and 3 per 1 000 in the reciprocals.

Statistically, in the cross $4x \times 2x$, the aneutriploid progeny is of the same magnitude as the eutriploid one giving an evidence that megasporogenesis produces so many aneuploid gametes as microsporogenesis.

The same pattern of gametic or zygotic elimination occurs in the crosses $4x \times 2x$ and $4x \times 4x$.

The selfed progeny of non emasculated tetraploid plants is less numerous when haploid pollen is applied on their stigmas than by selfing.

Among the diploid plants under study, some female parents show a genetic ability to accept triploid embryos.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALEXANDER D. E., BECKETT J. B., 1963. Spontaneous triploidy and tetraploidy in maize. *J. Hered.*, **54** (3), 203-206.

BOSEMARK N. O., 1966. On the origin and consequences of aneuploidy in triploid and tetraploid sugar beet. *Rev. Inst. internation. Rech. better.*, **2** (1), 9-34.

DAS D. Ch., 1953. Cytological and embryological basis for sterility in autotetraploid sweet clover, *Melilotus alba*, LAM. *Iowa State Coll. J. Sci.*, **27**, 537-561.

DOWNEY R. K., ARMSTRONG J. M., 1962. Inter-compatibility and performance of diploid and derived tetraploid rape (*Brassica campestris* L.). *Canad. J. Plant. Sci.*, **42**, 672-680.

HAGBERG A., AKERBERG E., 1962. *Mutations and polyploidy in plant breeding.*, p. 45. Svenska Bokförlaget. Bonniers. Stockholm.

HAGBERG A., ELLERSTRÖM S., 1959. The competition between diploid, tetraploid and aneuploid rye. Theoretical and practical aspects. *Hereditas*, **45**, 369-416.

JULEN U., 1950. Fertility conditions of tetraploid red clover. I. Seed setting of tetraploid red clover in the presence of haploid pollen. *Hereditas*, **36**, 151-160.

KOO F. K. S., 1958. Deleterious effects from interpollination of diploid and autotetraploid winter rye varieties. *Agron. J.*, **50** (3), 171-172.

LACZYNSKA-HULEWICZOWA T., 1957. Recherches sur le trèfle violet tétraploïde. *Bull. Acad. polon. Sci.*, **5**, 307-312.

LAMOTTE M., 1962. *Initiation aux méthodes statistiques en Biologie*, p. 105. Masson et C^ie^. Paris.

LINDE-LAURSEN IB., 1964. Studies in cytology and fertility of polyploid and aneuploid beet. *Aarsskz. K. Vet. Landbohojsh.*, 93-120.

MAIZONNIER D., 1968. Utilisation du froid comme agent préfixateur pour les comptages chromosomiques sur apex radiculaires de trèfle violet autotéraploïdes. *Ann. Amélior. Plantes*, **18** (1), 81-84

ROMMEL M., 1965. Cytogenetics of autotetraploid sugar beet (*Beta vulgaris* L.) Part. I : Tetraploid varieties. *Züchter*, **35** (5), 219-222.

SCHWEIGER W., 1959. Gegenseitige Beeinflussung der Samenleistung von benachbartem diploiden tetraploiden Rotklee. *Züchter*, **29**, 225-229

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 289-324.

RÉSULTATS D'UN ESSAI COMPARATIF DE POPULATIONS D'ASPERGE

H. BANNEROT, M. DERIEUX, Lucette THÉVENIN et J. ARNOUX*
avec la collaboration technique de G. VANBORREN

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes,
**Laboratoire de Biométrie,*
Centre national de Recherches agronomiques, 78-Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Le rendement et ses composantes (nombre et poids moyens des turions) sont étudiés sur douze populations d'asperge au cours de huit années de récoltes afin de connaître les effets respectifs des facteurs population, année, période de cueillette et sexe sur la production et l'évolution d'une aspergeraie.

Le but de cet essai est, d'une part, de comparer les caractères agronomiques de diverses populations (1), d'autre part, d'obtenir des informations sur la nature et le rôle des facteurs du rendement au cours de la vie d'une aspergeraie.

I. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI

L'implantation de l'essai, qui remonte à 1956, a été décidée et financée par le Centre technique interprofessionnel des Fruits et Légumes (C. T. I. F. L.), sous l'égide de l'Institut national de la Recherche agronomique à la demande de personnalités et organisations professionnelles intéressées par la culture de l'Asperge.

Un ingénieur et un ouvrier ont été spécialement affectés en Sologne par le C. T. I. F. L. pour en assurer la mise en place et les récoltes.

(1) En raison de la grande hétérogénéité des différents lots mis en comparaison, le terme « populations » est employé de préférence au terme « variétés ».

A partir de 1962, le C. T. I. F. L. a abandonné son programme *Asperges* et l'essai est passé entièrement sous la responsabilité de l'I. N. R. A. Il comprend les 12 populations commerciales suivantes :

Numéros	Populations	Origine
—	—	—
1	*Battersea Giant*	HURST, Londres
2	*Géante de Danemark*	OHLSEN ENKE, Copenhague
3	*Mary Washington*	— — —
4	*Connover's Colossal*	CLUCAS, Londres
5	*Giant White Cap*	WATKINS et SIMPSON, Londres
6	*Mammoth Emperor*	CARTER'S, Londres
7	*Martha Washington*	WATKINS et SIMPSON, Londres
8	*La Monstrueuse*	FLEURY et GENDRE, Argenteuil
9	*Exposition*	— — —
10	*Racault-Vallières*	VALLIÈRES, Saint-Claude-de-Diray
11	*Racault-Gessat*	— — —
12	*Randon*	RANDON, Lauris-sur-Durance

Par la suite, ces populations seront désignées uniquement par leurs numéros. Les peuplements, fumures, façons culturales, rythmes de cueillettes sont ceux couramment utilisés en Sologne.

Les récoltes ont conmmencé en 1958 et ont continué régulièrement au rythme suivant :

Années	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Nombre de cueillettes	8	14	21	23	25	25	23	20

Le comptage des plantes vivantes et la notation des sexes ont été effectués tous les ans à partir de 1958 jusqu'en 1965.

1. *Dispositifs et protocoles expérimentaux*

a) *Implantation*

L'implantation a été faite au printemps 1956 à Soings-en-Sologne sur une défriche de fertilité et d'homogénéité médiocres.

Pour des raisons de simplicité, on a choisi le dispositif des blocs de Fisher.

Chaque parcelle élémentaire se compose de 3 rangs de 20 plantes numérotées.

L'essai est entouré de chaque côté d'au moins une ligne de bordure.

Les caractéristiques d'implantation peuvent se résumer ainsi :

Nombre de populations	12
Nombre de répétitions	6
Nombre de plantes par parcelle élémentaire	60
— — population	360
— — bloc (répétition)	720
— — total	4 320
Surface occupée par une plante	$0{,}90 \times 1{,}80 = 1{,}62\ m^2$
Densité	6 173 plantes /ha
Surface de la parcelle élémentaire	97,2 m^2
Surface de l'essai	6 998 m^2

b) *Récolte*

La cueillette est décidée lorsque le nombre de turions apparus est estimé suffisant du point de vue commercial : ce critère est évidemment imprécis.

La périodicité des cueillettes peut varier de 2 à 5 jours en relation étroite avec la température.

Les « cueilleurs » posent les turions récoltés exactement à l'emplacement où ils sont apparus. (fig. 1)

FIG. 1. — *Récolte des turions*

Ensuite, on reconstitue sur le terrain le plan des parcelles à l'aide de fils et de chaînes mobiles tendus à partir de repères fixes. On arrive ainsi à matérialiser l'emplacement de chaque plante par une plaque de laiton où figure son numéro (fig. 2).

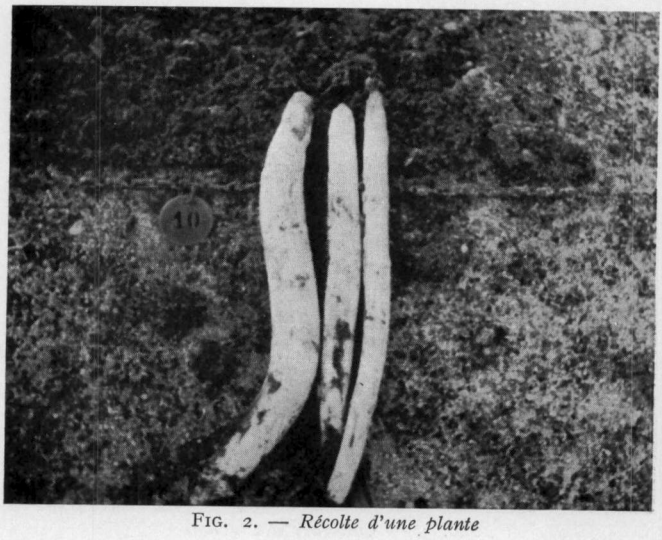


FIG. 2. — *Récolte d'une plante*

c) *Recueil des données individuelles*

Pour des questions de main-d'œuvre, la notation individuelle, générale en 1958, n'a été réalisée que pendant les années 1960-1961 et 1965 et pour les quatre populations 6, 8, 10, 12. Cette notation a consisté en un calibrage de chaque turion récolté et un regroupement des turions de même calibre.

Les calibres de références ont été définis de façon que chaque augmentation d'un point du calibre corresponde à une augmentation de section constante de 50 mm². Les observations sont facilitées par l'emploi d'une plaque de métal (fig. 3) portant des encoches ajustées aux diamètres ci-dessous (colonne médiane).

Calibres utilisés

Calibre	Classe de diamètre ∅ en mm	Classe de section S en mm²
1	∅ ≤ 7,99	S ≤ 50
2	7,99 < ∅ ≤ 11,28	50 < S ≤ 100
3	11,28 < ∅ ≤ 13,82	100 < S ≤ 150
4	13,82 < ∅ ≤ 15,96	150 < S ≤ 200
5	15,96 < ∅ ≤ 17,84	200 < S ≤ 250
6	17,84 < ∅ ≤ 19,54	250 < S ≤ 300
7	19,54 < ∅ ≤ 21,10	300 < S ≤ 350
8	21,10 < ∅ ≤ 22,56	350 < S ≤ 400
9	22,56 < ∅ ≤ 23,93	400 < S ≤ 450
10	23,93 < ∅ ≤ 25,23	450 < S ≤ 500
11	25,23 < ∅ ≤ 26,46	500 < S ≤ 550
12	26,46 < ∅ ≤ 27,64	550 < S ≤ 600
13	27,64 < ∅ ≤ 28,77	600 < S ≤ 650
14	28,77 < ∅ ≤ 29,85	650 < S ≤ 700
15	29,85 < ∅ ≤ 30,90	700 < S ≤ 750
16	30,90 < ∅ ≤ 31,92	750 < S ≤ 800
17	31,92 < ∅	800 < S

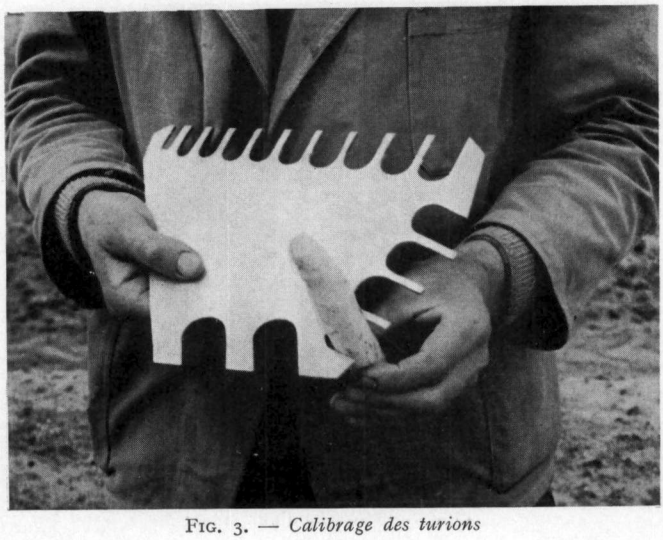


FIG. 3. — *Calibrage des turions*

Un turion est dit *de calibre 8* s'il n'entre pas dans l'encoche n° 7 mais entre dans la suivante (n° 8) ; son diamètre est compris entre 21,10 mm et 22,56 mm.

Par la suite, les turions sont tous coupés à la même longueur (21 cm) ; le calibre mesuré est alors sensiblement proportionnel au volume et au poids du turion.

On a effectivement observé une excellente corrélation entre poids et somme des calibres : 126 unités-calibres correspondent sensiblement à 1 kg de turions commercialisables.

Les données mesurées sur une plante sont notées aussitôt sur une feuille ronéotypée où figurent en abscisse l'échelle des calibres et en ordonnée l'ordre chronologique des cueillettes. (fig. 4)

Le noteur inscrit le nombre de turions trouvés dans un calibre :

— dans la colonne correspondant à ce calibre,

— sur la ligne correspondant au numéro d'ordre de la cueillette.

Pop: 6	Bloc: 2	a	Calibres																	
Pl: 12	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Σ t	Σ s
numéro d'ordre des récoltes 1																				
2																				
3							1												1	6
4										1									1	9
5							1												1	6
6																				
7								1											1	8
8						1													1	5
9																				
10								1											1	7
11							1												1	6
12																				
13																				
14																				
15																				
Σ t						1	3	1	1	1									7	
Σ s						5	18	7	8	9										47

FIG. 4 — *Modèle de feuille de notations de récoltes*
Résultats concernant la plante n° 12, ligne a, bloc 2, population 6 (en 1961)

L'opération semble compliquée, mais deux facteurs la rendent extrêmement simple :

— le nombre des turions à mesurer pour une plante est faible, réduit souvent à un seul,

— l'habileté professionnelle du calibreur lui permet de grouper à l'avance les calibres identiques et, s'il y a plusieurs calibres différents, de les annoncer dans l'ordre croissant.

d) *Recueil des données parcellaires*

Après les éventuelles notations individuelles, les turions récoltés sont rassemblés par parcelle dans des caissettes étiquetées, spécialement prévues à cet usage et dis-

posées sur le terrain avant la récolte afin d'éviter les erreurs et les pertes de temps (fig. 5).

FIG. 5. — *Vue générale du champ d'essai avant une récolte (Une caissette par parcelle élémentaire de trois lignes)*

Les turions sont ramenés à 21 cm et la récolte de chaque parcelle est pesée et notée. Le dénombrement des turions n'a malheureusement été fait sur toutes les populations que les trois dernières années (1963, 1964, 1965).

2. *Écarts au dispositif théorique*

a) *Poids des griffes plantées*

Dès le départ, un biais a été introduit dans le dispositif.

Certaines populations ont été reçues sous forme de graines en 1955, alors que les autres ont été fournies sous forme de griffes d'un an, en 1956.

Les graines ont été semées en 1955 à Saclay, près de Versailles, et ont fourni un lot hétérogène de griffes médiocres, à la différence des griffes reçues directement.

Les populations 8, 9, 10, 11, 12 ont été reçues sous forme de griffes.

Plutôt que de répartir les griffes au hasard, le responsable de l'essai a cru devoir planter les premiers blocs avec les plus belles griffes : il s'ensuit des différences importantes pour le poids des griffes plantées, d'une part entre populations, d'autre part entre blocs pour certaines populations. Une interprétation partielle de l'effet « poids de griffes » est donnée plus loin.

Poids extrêmes et poids moyens des lots de griffes plantées par parcelle (en kg)

Population	Poids maximum	Poids minimum	Poids moyen
1	2,2	0,5	1,4
2	1,9	0,6	1,2
3	2,1	0,5	1,2
4	1,9	1,1	1,5
5	2,1	1,1	1,6
6	2,1	1,2	1,6
7	2,1	0,4	1,2
8	2,6	2,2	2,5
9	3,6	2,8	3,3
10	2,0	1,6	1,8
11	1,7	1,1	1,5
12	2,4	1,0	1,8

b) *Mutilations et ombrages*

A partir de 1959, certaines plantes de l'essai ont été utilisées comme géniteurs, ce qui a entraîné leur mise sous cage de mousseline avant la floraison. Cet ombrage a probablement fait baisser les rendements de la plante pour la, ou les, années suivantes.

A partir de 1962, des éclats ont été prélevés sur certaines griffes, (les plus intéressantes en général) pour les multiplier végétativement et ces mutilations ont, dans la plupart des cas, entraîné une forte diminution de vigueur.

Les populations 6, 8 et 10 ont été particulièrement mutilées ; leur rendement à partir de 1959 (et encore plus à partir de 1962) s'en est probablement trouvé diminué.

II. — ÉTUDE DES DONNÉES PARCELLAIRES [1]

1. *Transformation des données*

Chaque année, les données brutes sont le poids de turions (et, pour les 3 dernières années, le nombre de turions) récoltés sur une parcelle de 60 plantes à chaque cueillette.

Le nombre et les dates des cueillettes varient d'une année à l'autre. Pour permettre néanmoins une comparaison entre années et diminuer le nombre des données, on a regroupé les cueillettes en deux périodes par année : la période 1 comprend la moitié, ou la moitié plus une, des cueillettes, suivant que le nombre total de celles-ci est pair ou impair. Au cours des 8 années de récolte la répartition des cueillettes a été la suivante :

Nombre de cueillettes par période et par année

Année	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Période 1.....	4	7	11	12	13	13	12	10
Période 2.....	4	7	10	11	12	12	11	10

[1] Les données ont été analysées, après perforation sur cartes, par le calculateur du Laboratoire de Biométrie du C. N. R. A. (BULL Gamma Tambour)

Le *rendement par parcelle élémentaire* est donc constitué par le poids total des cueillettes *d'une période*, pendant un an, effectuées sur les 60 plantes d'une population dans une répétition.

Pour des raisons d'homogénéité, *tous les résultats sont exprimés par « parcelle élémentaire »*. Pour passer au rendement par hectare et par an il faut multiplier par $2 \times \frac{10\,000}{97,2}$ soit 205,76. Par exemple, la moyenne générale de l'essai qui est de 9,00 kg correspond à un rendement moyen par hectare de 1852 kg.

Deux variables sont étudiées : le rendement (observé pendant 8 ans) et le nombre de turions (observé pendant 3 ans). Le poids moyen du turion a été obtenu par division.

2. *Méthodes d'analyse*

Comme chez toutes les espèces pérennes, les rendements correspondant aux différents niveaux des facteurs années et périodes ne sont pas indépendants : une analyse de variance classique ne peut donc être appliquée.

On s'est contenté de comparer la variance de chaque effet simple ou complexe à la variance de son interaction avec les répétitions, considérée comme erreur expérimentale. La précision est certainement moindre que pour une analyse de variance habituelle mais la signification reste le plus souvent suffisante. L'effet répétitions est attribuable à la fois à l'hétérogénéité du terrain et aux différences de poids de griffes plantées ; son importance a pu être appréciée en même temps que celle de l'effet « poids de griffes » (voir plus loin).

TABLEAU I

Rendement total — Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Années	7	2 136,6	323,8	2,30	3,21
Années × Répétitions	35	6,6			
Populations	11	573,3	19,4	1,97	2,59
Populations × Répétitions	55	29,5			
Périodes	1	34,7	6,8	6,61	16,26
Périodes × Répétitions	5	5,1			
Années × Populations	77	18,3	10,2	1,35	1,53
Années × Populations × Répétitions	385	1,8			
Populations × Périodes	11	34,2	14,9	1,97	2,59
Populations × Périodes × Répétitions	55	2,3			
Périodes × Années	7	84,4	60,3	2,30	3,21
Périodes × Années × Répétitions	35	1,4			
Années × Populations × Périodes	77	1,6	4,0	1,35	1,53
Années × Populations × Périodes × Répétitions	385	0,4			

L'étude du rendement porte sur 12 populations, 8 années, 2 périodes, 6 répétitions, soit 1 152 données élémentaires.

Celle du nombre de turions porte sur 12 populations, 3 années, 2 périodes, 6 répétitions, soit 432 données élémentaires.

Les tableaux 1 et 2 présentent les comparaisons de variances respectivement

TABLEAU 2

Nombre de turions — Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Années	2	511 245	295,3	4,10	7,56
Années × Répétitions	10	1 731			
Populations	11	155 092	9,4	1,97	2,59
Populations × Répétitions	55	16 523			
Périodes	1	151			
Périodes × Répétitions	5	2 277			
Années × Populations	22	3 561	5,5	1,68	2,06
Années × Populations × Répétitions	110	651			
Populations × Périodes	11	6 727	5,6	1,97	2,59
Populations × Périodes × Répétitions	55	1 194			
Périodes × Années	2	134 811	42,1	4,10	7,56
Périodes × Années × Répétitions	10	3 205			
Années × Populations × Périodes	22	1 232	5,0	1,68	2,06
Années × Populations × Périodes × Répétitions	110	245			

établies pour le rendement et le nombre de turions. La signification de chacun des effets principaux, ainsi que des diverses interactions ressort de ces deux tableaux.

3. *Résultats*

Le tableau 3 présente l'ensemble des résultats moyens concernant les effets principaux.

Au tableau 4 les rendements moyens ont été groupés en tenant compte des interactions de premier ordre.

Au tableau 5 figurent les poids moyens des turions (sur 3 ans) groupés de la même façon.

TABLEAU 3

Résultats moyens par année, population, période
(effets principaux)

a) Année	Rendement (en kg pour 97,2 m²)	Nombre de turions	Poids moyen par turion (en grammes)
1958	1,9		
1959	5,6		
1960	10,0		
1961	11,2		
1962	11,9		
1963	13,4	402	33,4
1964	11,1	383	29,0
1965	7,0	290	24,0

b) Population	(sur 8 ans)	(sur 3 ans)	sur 3 ans	sur 3 ans
1	9,6	11,9	457	26,0
2	6,6	8,2	387	21,3
3	10,2	12,4	461	26,8
4	6,0	7,4	313	23,6
5	4,4	4,5	305	14,8
6	12,5	12,7	358	37,8
7	9,8	12,2	442	27,6
8	11,3	13,2	351	37,6
9	10,5	12,3	329	37,2
10	10,5	10,9	318	34,6
11	9,8	12,8	320	40,0
12	6,8	7,3	257	28,4

c) Période	(sur 8 ans)	(sur 3 ans)	sur 3 ans	sur 3 ans
1	9,2	11,0	358	30,1
2	8,8	9,9	357	27,8

TABLEAU 4

Rendements moyens en kg
(effet des intéractions de I^er ordre)

a) Par année et par population.

Population → / Année ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	1,9	0,8	2,2	0,6	0,7	3,7	2,0	2,6	2,1	3,3	1,4	1,8
1959	5,7	3,4	6,0	2,8	2,8	9,1	5,8	6,9	6,7	7,7	4,6	5,3
1960	10,0	6,3	10,6	6,5	5,5	15,8	10,3	12,5	11,6	12,9	9,7	8,0
1961	11,4	7,8	12,2	7,3	6,2	16,8	11,4	14,5	13,5	14,1	11,1	8,4
1962	12,1	9,6	13,3	8,9	6,7	16,2	12,5	14,6	13,6	13,5	13,0	9,0
1963	14,8	10,5	15,7	9,3	6,3	16,9	15,1	16,3	15,4	14,6	15,4	10,3
1964	12,8	8,4	13,6	7,5	4,5	13,5	13,0	13,8	12,9	11,8	14,1	7,7
1965	8,1	5,8	7,9	5,5	2,8	8,0	8,4	9,6	8,5	6,3	9,0	3,8

b) Par population et par période.

Population → / Période ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_1	9,5	6,4	10,1	5,8	4,9	13,1	9,5	12,3	11,2	11,4	10,1	5,8
P_2	9,7	6,8	10,3	6,3	3,9	11,8	10,1	10,3	9,8	9,6	9,4	7,8

c) Par période et par année.

Année → / Période ↓	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
P1	1,6	4,7	9,7	12,4	11,8	13,2	11,7	8,3
P2	2,2	6,4	10,2	10,0	12,0	13,6	10,5	5,7

TABLEAU 5

Poids moyens des turions en grammes
(effet des interaction de 1er ordre)

a) Par année et par population.

Population → / Année ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1963	29,3	24,5	30,7	27,1	17,1	41,8	30,8	42,6	43,3	39,8	45,3	32,0
1964	26,1	20,8	27,0	23,1	13,6	34,7	27,8	36,9	36,9	33,8	40,8	28,8
1965	21,4	17,6	21,4	20,2	13,0	28,4	22,9	32,5	30,0	26,5	32,7	20,9

b) Par population et par période.

Population → / Période ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_1	27,1	22,2	28,0	24,7	15,7	37,8	28,9	39,4	39,5	36,1	42,7	29,2
P_2	25,1	20,5	25,8	22,7	14,1	33,2	26,2	35,8	35,0	32,6	37,5	27,3

c) Par période et par année.

Année → / Période ↓	1963	1964	1965
P_1	35,5	30,5	25,9
P_2	31,5	27,5	22,0

4. *Interprétation et discussion*

a) *Effet répétitions*

Cet effet est dû, à la fois, aux éventuelles hétérogénéités de terrain et aux différences entre les poids de griffes plantées.

La figure 6 représente la variance du rendement moyen (sur 8 ans) des différentes populations en fonction de la variance du poids de griffes plantées pour chacune.

On constate que les douze populations se répartissent en deux groupes : 6-8-9-10-11 d'une part, 1-2-3-4-5-7-12 de l'autre.

Pour le premier groupe, la variance du poids de griffes est faible et celle du rendement moyen élevée ; l'effet répétitions observé sur ce groupe est donc dû au terrain ;

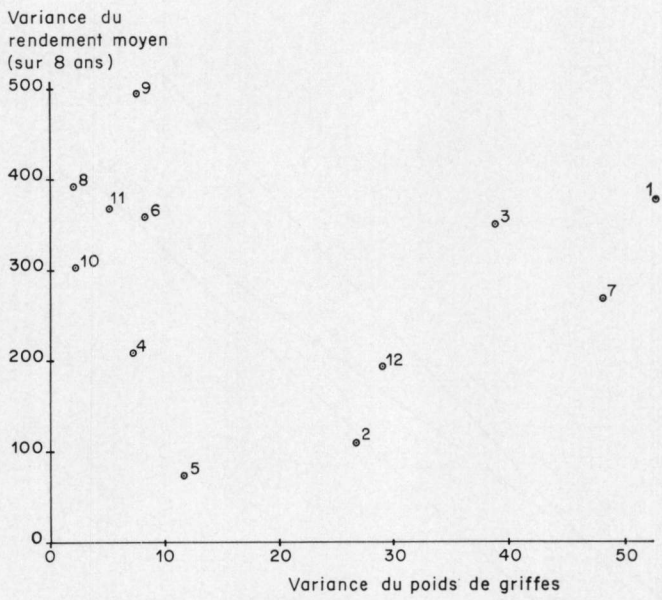


FIG. 6. — *Variance du rendement moyen* (sur 8 ans) *en fonction de la variance du poids de griffes plantées pour chaque population*

le tableau 6 qui présente l'analyse de la variation totale pour le rendement moyen (sur 8 ans) de ces populations, montre pourtant que cet effet n'est pas significatif et l'on peut conclure que l'hétérogénéité du terrain n'a pas été contrôlée par le dispositif expérimental, tant pour ce groupe que pour l'ensemble de l'essai, puisque les populations sont réparties au hasard dans les blocs. (La cause des fortes variances de rendement moyen pour ce groupe de populations nous échappe complètement et une étude individuelle serait nécessaire.)

En ce qui concerne l'effet poids de griffes plantées, son étude ne se justifie que sur les populations n^{os} 1,2,3,4,5,7,12 qui constituent le deuxième groupe ; pour ces populations, la variance du rendement moyen paraît liée à celle du poids de griffes ;

TABLEAU 6

Rendement moyen des populations 6, 8, 9, 10, 11
Analyse de la variation totale

Origine de la variation	SCE	DL	Variance	F	
				Observé	Théorique 0,05
Totale	12 103	29			
Répétitions	3 781	5	756	2,64	2,71
Populations	2 531	4	632	2,18	2,87
Erreur.....	5 791	20	289		

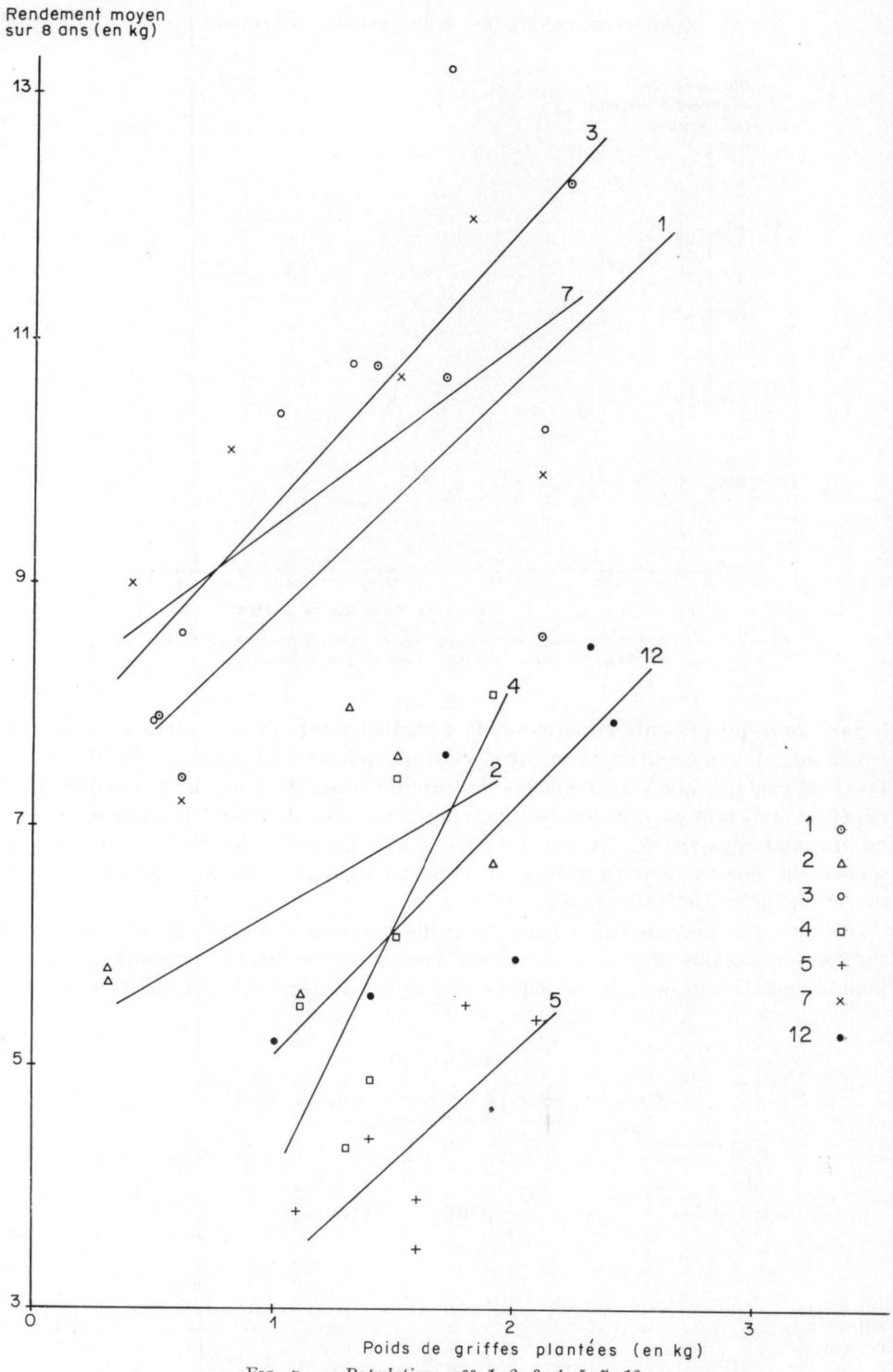


FIG. 7. — *Populations nos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12,*
Régression « rendement moyen/poids de griffes plantées »

la figure 7 représente, pour ces sept populations, les droites de régression « rendement moyen /poids de griffes » ; les faibles rendements correspondent, pour une population donnée, aux faibles poids de griffes. Il est probable que le poids des griffes et les rendements traduisent, l'un comme l'autre, la valeur génétique des individus, ce qui expliquerait la liaison observée.

L'étude du rôle du poids de griffes plantées mériterait d'être approfondie ; malheureusement les données disponibles ne le permettent pas, l'essai n'ayant pas été conçu dans ce but. On constate simplement que la répartition non aléatoire des griffes dans les parcelles a introduit, pour sept des douze populations de l'essai, un effet répétitions artificiel impossible à analyser et que pour les autres populations l'effet répétitions n'est pas significatif.

Finalement on peut surtout regretter que cet essai mette en comparaison deux groupes de populations échantillonnées de manières différentes.

b) *Effet années*

Cet effet hautement significatif recouvre trois facteurs totalement différents :

— la méthode d'exploitation (nombre de cueillettes),
— les fluctuations climatiques annuelles,
— l'évolution des différents génotypes.

Pour les rendements, on peut distinguer sur la courbe de production (fig. 8) 4 périodes :

— 2 années où aucune récolte n'a eu lieu (implantation),
— 3 années de production croissante où le nombre de cueillettes est passé de 8 à 21,
— 3 années de production maximum,
— 2 années de production décroissante.

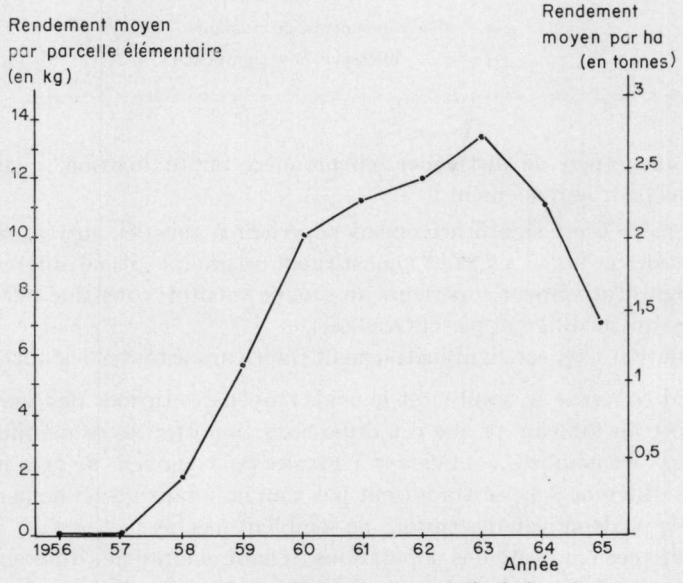


FIG. 8. — *Production moyenne annuelle de l'essai*

Toutefois, la production ne faiblit sérieusement qu'après la 7e année de récolte.

Si l'on se réfère au tableau 3 *a* on constate que la baisse de rendement de 1964 est due essentiellement à une diminution du poids moyen des turions, alors que la baisse de 1965 est due à la fois à une diminution du nombre et du calibre.

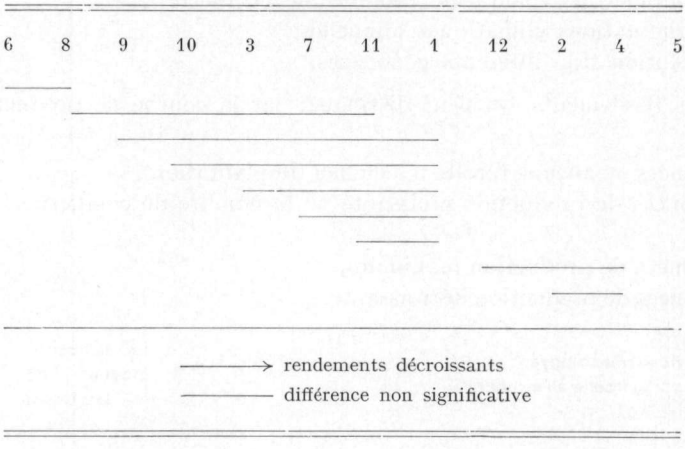
c) *Effet populations*

Il est hautement significatif. Le tableau 3*b* mentionne les résultats moyens de chaque population.

Le tableau 7 présente, pour le rendement moyen, un classement des 12 populations, ainsi qu'une comparaison deux par deux de toutes les populations.

TABLEAU 7

Classement et différences significatives entre populations pour le rendement moyen (sur 8 ans)



Ce tableau permet de distinguer, en première approximation, quatre groupes de populations pour le rendement :

— le numéro 6 est significativement supérieur à tous les autres, sauf au nº 8;

— les numéros 8,9,10,3,7,11 et 1 constituent un groupe ; ils ne diffèrent pas entre eux et sont significativement supérieurs au groupe suivant, constitué par les populations 12,2 et 4 (qui ne diffèrent pas entre elles) ;

— la population nº 5 est significativement inférieure à toutes les autres.

En ce qui concerne le nombre et le poids moyen des turions (facteurs du rendement) il ressort du tableau 3*b* que des différences importantes se manifestent entre les populations : les nombres vont de 257 à 461, les poids moyens de 15 à 40 grammes. Pourtant, ces différences ne se traduisent pas toujours dans les rendements totaux : le nombre et le poids moyen des turions ne semblent pas liés.

Une étude plus complète des populations, tenant compte des différentes interactions, figure en conclusion à l'étude parcellaire.

d) *Effet périodes*

Cet effet est à la limite de la signification pour le rendement. Les deux périodes arbitrairement établies pour des nombres de cueillettes équivalents correspondent donc à des rendements à peu près égaux (exposés au tableau 3*c*). On constate, par contre, sur le même tableau, que pour les trois dernières années les rendements et les poids moyens de turions sont inférieurs dans la deuxième période, alors que les nombres de turions sont comparables : les cueillettes de la deuxième période ont donc, au cours de ces années, fourni des turions moins gros que ceux de la première période pour l'ensemble de l'essai.

e) *Interaction années × populations*

Cet effet est hautement significatif pour le rendement, c'est-à-dire que l'évolution des différentes populations au cours des huit années n'est pas la même.

En effet, le tableau 4 *a*, qui présente les rendements moyens de chaque population par année, montre que les nos 8 et 10 par exemple, démarrent rapidement l'un et l'autre, mais le no 8 maintient sa production au niveau le plus haut, alors que le no 10 fléchit assez rapidement (peut-être en raison des nombreuses mutilations subies par cette population) ; le no 11, par contre, démarre lentement, augmente sa production chaque année et ne fléchit que légèrement les deux dernières années.

Les interactions années × populations pour les rendements ont été calculées (tabl. 8) et mises en évidence sur la figure 9, pour trois populations entre lesquelles on peut constater d'assez grandes différences.

TABLEAU 8

Valeurs calculées des interactions années × populations = γ_{ij} (1) (en kg)

Population → / Année ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	— 0,6	1,3	— 0,9	1,7	3,4	— 1,7	— 0,7	— 1,6	— 1,3	— 0,1	— 1,3	2,1
1959	— 0,5	0,2	— 0,8	0,2	1,8	0,0	— 0,6	— 1,0	— 0,4	0,6	— 1,8	1,9
1960	— 0,6	— 1,3	— 0,6	— 0,5	0,1	2,3	— 0,5	0,2	0,1	1,4	— 1,1	0,2
1961	— 0,4	— 1,0	— 0,2	— 0,9	— 0,4	2,1	— 0,6	1,0	0,8	1,4	— 0,9	— 0,6
1962	— 0,4	0,1	0,2	0,0	— 0,6	0,8	— 0,2	0,4	0,2	0,1	0,3	— 0,7
1963	0,8	— 0,5	1,1	— 1,1	— 2,5	0,0	0,7	0,6	0,5	— 0,3	1,2	— 0,9
1964	1,1	— 0,3	1,2	— 0,6	— 2,0	— 0,9	1,1	0,4	0,3	— 0,8	2,2	— 1,2
1965	0,5	1,2	— 0,3	1,5	0,4	— 2,5	0,6	0,2	0,0	— 2,2	1,2	— 2,0

(1) De $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}$ on tire $\gamma_{ij} = y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j$

y_{ij} = rendement de la population j, l'année i,
μ = moyenne générale,
α_i = rendement moyen des 12 populations l'année i $-\mu$,
β_j = rendement moyen, pour les 8 années, de la population j $-\mu$,
γ_{ij} = interaction de l'année i et de la population j.

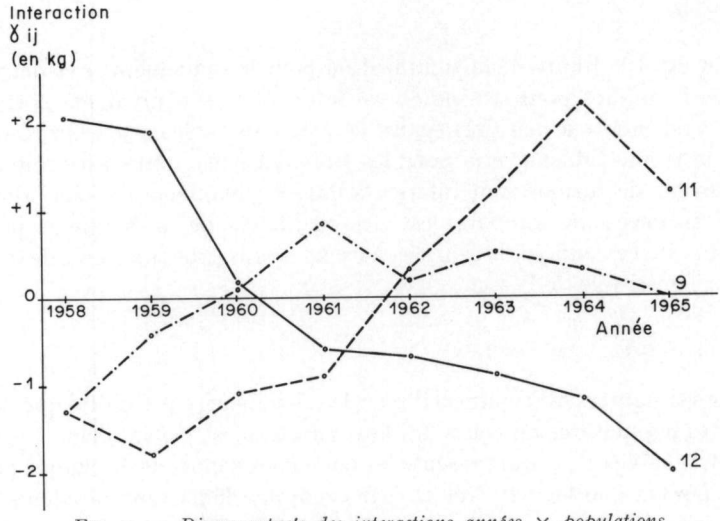


FIG. 9. — *Divers aspects des interactions années × populations*

Mais ces différences sont pratiquement négligeables vis-à-vis de l'effet populations : la figure 10 qui représente les courbes de productions cumulées de chaque population au cours des huit années fait ressortir les 4 groupes distingués (d'après les rendements moyens) à propos de l'effet population seul et permet de constater que les populations qui se sont montrées les plus productives dès les premières années restent les plus intéressantes tout au long de l'exploitation ; de même, celles qui ont été peu productives au début sont finalement les moins bonnes.

L'interaction années × populations pour le rendement, bien que significative, n'est donc pas très importante dans les conditions de l'essai.

En ce qui concerne le poids moyen des turions, le tableau 5 *a* montre que cette composante du rendement diminue nettement au cours des trois dernières années pour toutes les populations mais que pour certaines (nos 6 et 12) le fléchissement du poids moyen des turions est plus net que pour les autres.

f) *Interaction populations × périodes*

Elle est hautement significative et nous renseigne sur la précocité relative des populations puisque la répartition des cueillettes en deux périodes est uniforme, une année donnée.

Si l'on rapporte, d'après les chiffres du tableau 4 *b*, le rendement de la première période (P_1) au rendement annuel ($P_1 + P_2$), on observe (en pourcentage), pour chacune des populations, les valeurs suivantes :

	N° de population											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\frac{P_1 \times 100}{P_1 + P_2}$	49,5	48,5	49,5	48,0	55,7	52,6	48,5	54,4	53,3	54,3	51,9	42,7

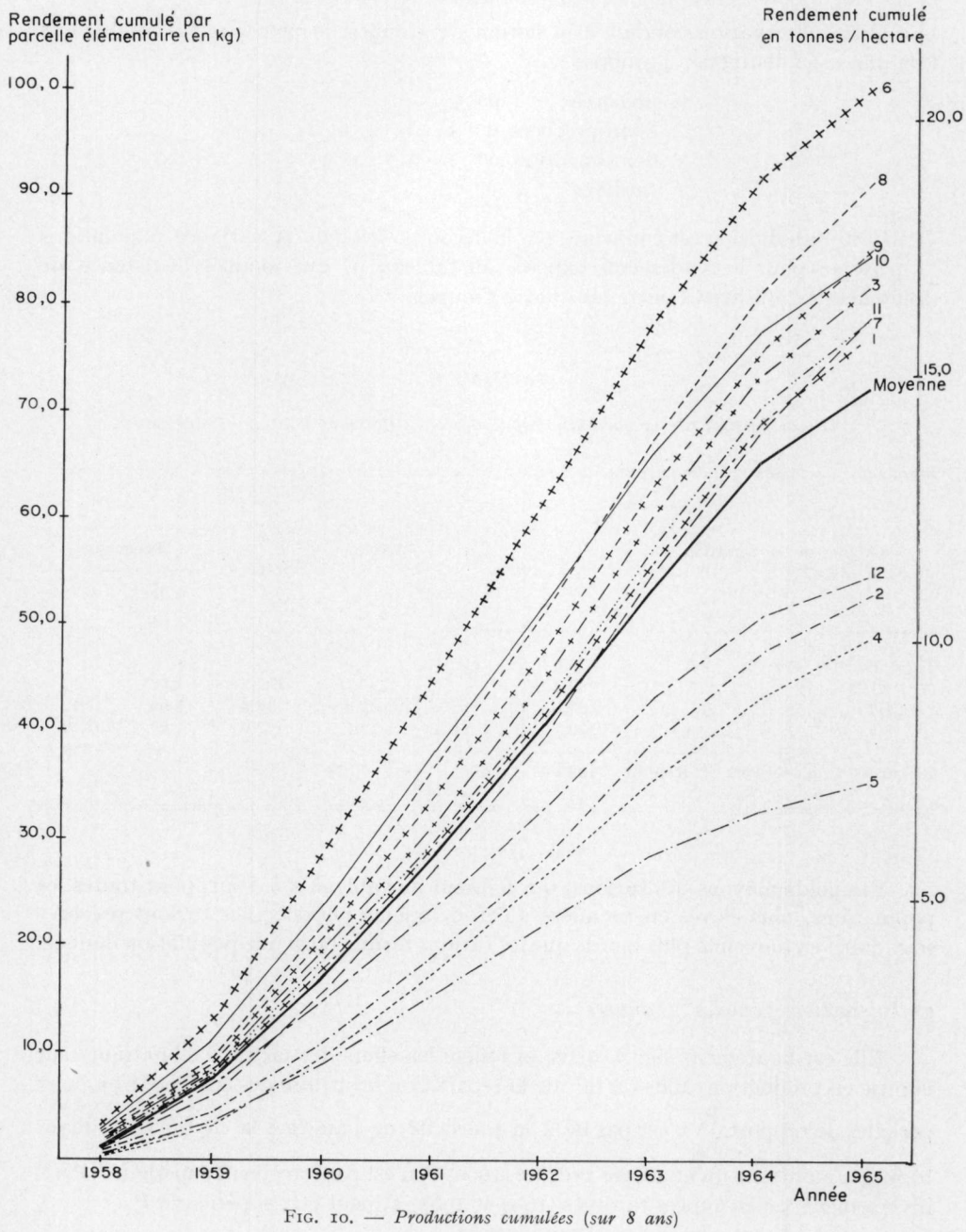


FIG. 10. — *Productions cumulées (sur 8 ans)*

Les valeurs supérieures à 50 correspondent à des populations de type précoce et les valeurs inférieures à 50, à des populations de type plus tardif.

Cette observation conduit à la notion de groupes de précocité ; il semble que l'on puisse ici distinguer 4 groupes :

1. précoces n° 5
2. demi-précoces n^{os} 8, 10, 9, 6, 11
3. demi-tardives n^{os} 1, 3, 7, 2, 4
4. tardives n° 12

Cette subdivision est confirmée par la décomposition de la variance populations × périodes pour le rendement, exposée au tableau 9, qui montre l'existence de différences significatives entre les quatre groupes.

TABLEAU 9

Décomposition de la variance Populations × Périodes pour le rendement

Origine de la variation	SCE	DL	Variance	F		
				Observé	Théorique	
					0,05	0,01
Total Pop. × Per.	376,0	11				
(1 + 2)/(3 + 4)	297,7	1	297,7	132,3	4,02	7,12
1/2	23,6	1	23,6	10,5	4,02	7,12
3/4	49,4	1	49,4	22,0	4,02	7,12
Erreur = Pop. × Per. × Rep. .	123,8	55	2,3			

Les poids moyens des turions, qui figurent au tableau 5 *b*, sont, pour toutes les populations, plus élevés en première qu'en deuxième période : les turions précoces sont donc, en moyenne plus lourds que les turions tardifs pour une population donnée.

g) *Interaction périodes × années*

Elle est hautement significative et reflète les effets des facteurs climatiques sur la mise en production. Mais du fait de la répartition arbitraire des cueillettes en deux périodes, le rapport $\frac{P_1}{P_2}$ n'est pas lié à la précocité de l'année : la figure 11 et le tableau 4 *c* montrent qu'en année précoce (1960) P_1 n'est pas forcément supérieur à P_2 et, inversement, qu'en années tardives (1964 et 1965) P_1 peut être supérieur à P_2.

L'étude de cet effet n'a pas grand intérêt.

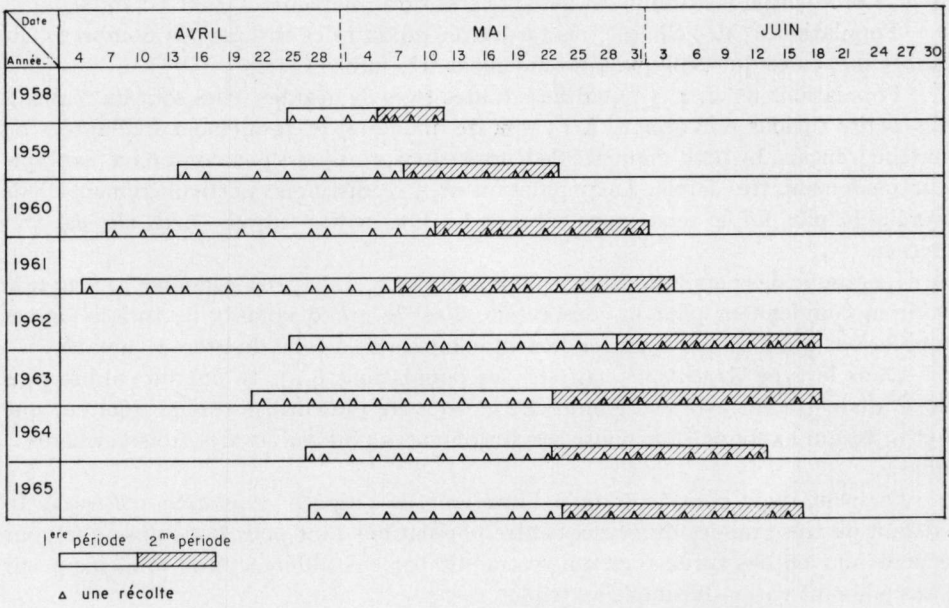


FIG. 11. — *Répartition des récoltes suivant les années*

h) *Interaction de deuxième ordre*

Elle est hautement significative et montre que la précocité des différentes populations varie suivant les années.

Une interprétation biologique semble difficile.

5. *Conclusion*

Tenant compte des remarques précédentes, on peut tirer quelques conclusions concernant les populations qui ont participé à l'essai.

Trois populations sont à considérer à part :

Population nº 6 : avec une production moyenne de 12,5 kg par parcelle élémentaire, c'est d'assez loin la meilleure ; en 8 ans elle a produit par hectare 5 761 kg de plus que la moyenne de l'essai et 1 975 kg de plus que sa suivante. Elle représente un effort de sélection particulièrement efficace et son fléchissement des dernières années est sans doute à attribuer à son utilisation intensive comme géniteur. Elle est demi-précoce. Ses turions sont gros et assez nombreux.

L'originalité de cette population sera confirmée par l'étude du facteur sexe (voir § III).

Population n° 11 : asperge non anthocyanée (comme le n° 5) à très gros turions dont la production maximum est atteinte très tard (meilleure variété en 1964).

Population n° 12 : elle est très tardive et produit des turions peu nombreux, de calibre moyen ce qui explique son rendement très faible.

Populations n^{os} 2, 4, 5 : qualifiées toutes trois de géantes, elles sont en réalité à très petits turions (environ 12 à 13 mm de diamètre) et totalement inadaptées au marché français. Le petit diamètre de leurs turions, d'ailleurs peu nombreux, explique leur rendement très faible. La population n° 5 se distingue particulièrement : elle possède le plus faible rendement total et les plus petits turions, mais elle est très précoce.

Le groupe des populations du type *Washington* : 1, 3, 7, de diamètre 14 à 17 mm environ, conviennent pour la conserverie. C'est le grand nombre de turions de ces populations qui leur donne un rendement comparable à celui du groupe suivant.

Dans le type *Argenteuil améliorée* les populations 8, 9, 10 ont un calibre plus élevé (diamètre entre 18 et 21 mm). Le n° 10 a été plus utilisé comme géniteur que 8 et 9, ce qui explique sans doute ses perfomances plus faibles des trois dernières années.

On peut donc considérer qu'à l'intérieur de l'espèce *Asparagus officinalis* L. existent de très grandes différences entre populations tant pour le nombre que pour le poids moyen des turions, ce qui se traduit par des différences de rendement sur 8 ans pouvant varier du simple au triple.

III. — ÉTUDE DES DONNÉES INDIVIDUELLES REGROUPÉES PAR SEXE

1. *Transformation des données*

Les observations individuelles ne sont disponibles, on l'a vu, que pour 4 populations et 3 années.

Les données brutes sont le nombre et les calibres des turions récoltés sur chaque plante, à chaque cueillette.

Une première transformation consiste à faire, pour chaque cueillette la somme des calibres récoltés par plante.

Pour affiner l'analyse de la précocité, les cueillettes ont été ensuite regroupées en 5 périodes (au lieu de 2) réparties comme l'indique le tableau 10.

Enfin, à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire ainsi définie, on a constitué une « sous parcelle mâle » et une « sous-parcelle femelle » d'effectifs divers, en regroupant par sexe les sommes de calibres et les nombres de turions. Les effectifs de plantes mâles et femelles de chaque sous-parcelle (théoriquement 30, conformément

au *sex ratio* 1-1) oscillent entre 23 et 38 la première année et diminuent au cours des années suivantes en fonction de la mortalité. En raison de cette variation des effectifs dans le temps, l'analyse de variance a été faite sur ces sous-parcelles « naturelles ».

TABLEAU 10

Nombre de cueillettes (et durée en jours) par période

Période	1960	1961	1965
1	4 (10)	5 (10)	4 (10)
2	4 (14)	4 (12)	4 (10)
3	4 (12)	5 (13)	4 (8)
4	5 (10)	4 (10)	4 (10)
5	4 (10)	5 (14)	4 (11)

Deux variables sont étudiées :

— la somme des calibres (sensiblement proportionnelle au rendement)

— le nombre de turions récoltés.

2. *Méthodes d'analyse*

Comme dans le cas des données parcellaires, la variance de chaque effet est comparée à la variance de son interaction avec les répétitions.

TABLEAU 11

Somme des calibres — Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Sexes	1	1 487 306	87,7	6,61	16,26
Sexes × Répétitions	5	16 956			
Années × Sexes	2	16 433	8,7	4,10	7,56
Années × Sexes × Répétitions	10	1 877			
Populations × Sexes	3	43 702			
Populations × Sexes × Répétitions	15	44 902			
Périodes × Sexes	4	46 564	12,3	2,87	4,43
Périodes × Sexes × Répétitions	20	3 760			
Années × Populations × Sexes	6	13 918	5,2	2,42	3,47
Années × Populations × Sexes × Répétitions	30	2 697			
Populations × Périodes × Sexes	12	12 602	5,5	1,92	2,50
Populations × Périodes × Sexes × Répétitions	60	2 271			
Périodes × Années × Sexes	8	9 399	4,6	2,18	2,99
Périodes × Années × Sexes × Répétitions	40	2 046			

L'analyse porte sur 4 populations (6, 8, 10, 12), 3 années (1960, 1961, 1965), 5 périodes par année, 2 sexes, 6 répétitions soit au total 720 données élémentaires.

L'analyse des effets populations, années, périodes, sur les récoltes confirme

TABLEAU 12

Nombre de turions — Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Sexes	1	107 605	159,4	6,61	16,26
Sexes × Répétitions	5	675			
Années × Sexes	2	3 801	43,7	4,10	7,56
Années × Sexes × Répétitions	10	87			
Populations × Sexes	3	752			
Populations × Sexes × Répétitions	15	1 427			
Périodes × Sexes	4	770	9,6	2,87	4,43
Périodes × Sexes × Répétitions	20	80			
Années × Populations × Sexes	6	174	2,2	2,42	
Années × Populations × Sexes × Répétitions	30	78			
Populations × Périodes × Sexes	12	380	4,1	1,92	2,50
Populations × Périodes × Sexes × Répétitions	60	92			
Périodes × Années × Sexes	8	709	8,9	2,18	2,99
Périodes × Années × Sexes × Répétitions	40	80			

étroitement les résultats obtenus avec les données parcellaires ; pour ne pas alourdir l'exposé, nous donnerons seulement les résultats relatifs à l'effet sexes et aux interactions le comprenant.

Les tableaux 11 et 12 présentent les comparaisons des variances respectivement établies pour les sommes de calibres et pour les nombres de turions récoltés.

3. *Résultats*

Le tableau 13 présente, pour l'effet sexes et ses interactions de premier ordre, l'ensemble des résultats moyens par plante, calculés avec l'effectif de l'année ou, quand le résultat porte sur plusieurs années, avec l'effectif 1960.

4. *Interprétation et discussion*

a) *Effet sexes*

Il est hautement significatif. Le tableau 13 *a* mentionne les résultats moyens de chaque sexe. On peut comparer les performances des mâles (M) et des femelles (F) par le rapport $\frac{M \times 100}{F}$. Les résultats de ces comparaisons figurent au tableau 14.

TABLEAU 13

Résultats regroupés par sexe (effet principal et interactions de premier ordre)

	Somme des calibres (en points)		Nombre de turions		Calibre moyen (en points)	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
a) Moyenne générale	10,24	7,29	2,16	1,35	4,74	5,39
b) Résultats par année						
1960	11,02	8,66	2,08	1,45	5,30	5,97
1961	12,51	9,47	2,17	1,47	5,76	6,42
1965	8,07	4,54	2,47	1,36	3,26	3,33
c) Résultats par population						
6	12,11	9,79	2,43	1,67	4,98	5,86
8	11,20	7,69	2,30	1,41	4,87	5,43
10	10,98	7,52	2,11	1,26	5,19	5,93
12	6,74	4,06	1,81	1,03	3,71	3,92
d) Résultats par période						
1	10,25	5,31	2,08	1,06	4,93	5,05
2	11,15	7,92	2,25	1,42	4,95	5,57
3	12,04	9,18	2,39	1,56	5,02	5,85
4	8,48	6,65	1,78	1,20	4,77	5,52
5	9,29	7,38	2,31	1,51	4,02	4,86

TABLEAU 14

Comparaison des performances des mâles (M) *et des femelles* (F) :
valeurs de l'expression $\frac{M \times 100}{F}$

	Somme de calibres (en points)	Nombre de turions	Calibre moyen (en points)
a) Moyenne générale	140	160	88
b) Résultat par année			
1960	127	143	89
1961	132	147	90
1965	177	181	98
c) Résultat par population			
6	123	145	85
8	145	163	90
10	146	167	88
12	166	175	95
d) Résultat par période			
1	193	196	98
2	140	158	89
3	131	153	86
4	127	148	86
5	125	152	83

On peut remarquer (tabl. 14 *a*) que pour l'ensemble des quatre populations étudiées, le sexe mâle produit 40 p. 100 de plus que le sexe femelle et que pour 100 turions femelles il y a 160 turions mâles ; mais le calibre moyen du turion mâle n'est que 88 p. 100 de celui du turion femelle.

Les mâles produisent donc plus que les femelles et ont des turions moins gros mais plus nombreux ; ce résultat confirme une notion connue depuis longtemps.

b) *Interaction années × sexes*

Elle est hautement significative pour la somme des calibres comme pour le nombre de turions, c'est-à-dire que les deux sexes ont évolué différemment au cours de la période 1960-1965.

Au tableau 13 *b* figurent les résultats de chaque sexe par année.

La comparaison des mâles et des femelles apparaît au tableau 14 *b* :

— la supériorité des mâles pour la somme des calibres s'accuse la dernière année de végétation, ce qui fait supposer que les femelles s'épuisent plus vite que les mâles ; en valeur absolue, le nombre de turions mâles est même plus élevé en 1965 qu'en 1960 et 1961 alors que celui des femelles baisse ;

— on constate également une tendance à l'égalisation des calibres entre sexes en fin de végétation.

c) *Interaction populations × sexes*

Au total, cet effet n'est pas significatif pour l'ensemble des 3 années ce qui indique que, vis-à-vis de l'effet sexe, les 4 populations réagissent de la même façon ; toutefois il faut signaler que si l'on considère non plus les 3 années, mais seulement 1960 et 1961, l'interaction est significative : l'année 1965 atténue probablement les différences entre populations à l'égard du sexe, du fait d'une utilisation plus intensive (pour l'amélioration) des femelles que des mâles (par exemple, pour la population n° 6, 21 femelles ont été utilisées et seulement 11 mâles). L'étude de l'interaction populations × années × sexes le confirmera.

Le tableau 13 *c* expose les résultats de chaque sexe pour chaque population.

La comparaison des mâles et des femelles (tabl. 14 *c*) montre que chez la population n° 6 les écarts entre sexes sont moins importants que chez les autres populations pour le nombre des turions, plus importants pour le calibre des turions ce qui, au total, conduit à un rendement assez peu différent chez les deux sexes. Cette population est précisément celle qui produit les plus forts rendements.

d) *Interaction périodes × sexes*

Elle est hautement significative : les différences entre sexes ne sont donc pas les mêmes tout au long de la saison.

Le tableau 13 *d* mentionne les performances de chaque sexe pour chacune des cinq périodes.

On constate au tableau 14 *d* la très importante supériorité des mâles sur les femelles pendant les premières récoltes de l'année : cet écart s'atténue par la suite ; en d'autres termes, les mâles sont plus précoces que les femelles tant pour la somme des calibres que pour le nombre de turions produits.

En ce qui concerne le calibre moyen, la figure 12 donne un aperçu de son évolu-

tion pour les mâles et les femelles, au cours d'une saison fictive d'exploitation correspondant à la moyenne des 3 années.

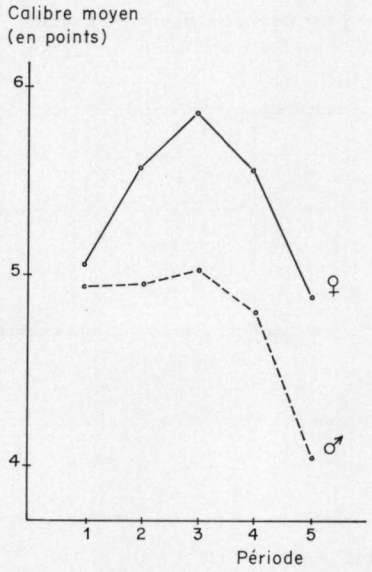


FIG. 12. — *Évolution du calibre moyen des turions au cours d'une* saison moyenne *d'exploitation*

Les turions femelles de la première période sont à peine plus gros que les turions mâles, ce qui contribue encore à avantager les mâles (déjà favorisés par le nombre).

Le calibre des femelles passe par un maximum net au cours de la 3e période, alors que celui des mâles reste constant puis décroît de sorte que la supériorité de calibre des turions femelles s'accentue du début à la fin de la campagne.

e) *Interactions de deuxième ordre*

Pour simplifier leur interprétation, les résultats de ces interactions seront calculés uniquement sur les sommes de calibres et exprimés en $\frac{M \times 100}{F}$. Le tableau 15 présente les valeurs de cette expression en tenant compte des diverses interactions.

α) *Interaction années × populations × sexes*

Cet effet est hautement significatif pour la somme des calibres : la réaction des différentes populations vis-à-vis du sexe varie donc avec l'année en général et avec l'âge en particulier.

On voit sur le tableau 15 *a*, qu'avec le vieillissement, la supériorité des mâles s'accentue inégalement suivant les populations.

β) *Interaction populations × périodes × sexes*

Cet effet est hautement significatif : les deux sexes ne réagissent donc pas de la même façon chez les 4 populations tout au long d'une « saison moyenne d'exploitation ».

TABLEAU 15

Sommes de calibres : diverses valeurs de $\frac{M \times 100}{F}$
pour les interactions de 2e ordre

a) Par année et par population.

Année ↓ / Population →	6	8	10	12
1960	118	128	129	145
1961	116	135	142	151
1965	179	178	168	225

b) Par population et par période.

Population / Période →	1	2	3	4	5
6	162	126	110	117	110
8	218	150	128	130	127
10	197	125	148	131	129
12	281	196	159	139	153

c) Par période et par année.

Année ↓ / Période →	1	2	3	4	5
1960	173	130	125	120	113
1961	184	126	120	129	114
1965	210	167	168	147	181

Le tableau 15 *b* montre que la supériorité des mâles de la population nº 6 (déjà plus faible que celle que l'on constate chez les autres populations) devient négligeable à partir de la 3e période, ce qui souligne à nouveau l'originalité de cette population, due à la qualité de ses femelles.

γ) *Interaction périodes × années × sexes*

Cet effet est hautement significatif : les différences de précocité entre sexes varient donc au cours des années. D'après le tableau 15 *c*, on remarque qu'avec le vieillissement, la supériorité des mâles tend à se maintenir tout au long de la campagne, alors qu'elle diminuait de la première à la cinquième période pendant les années de pleine production.

f) *Interaction de troisième ordre*

Elle n'a pu être étudiée. Retenons simplement, parmi les résultats extrêmes, que la valeur du rapport $\frac{M \times 100}{F}$ peut varier de 91 à 770.

5. *Conclusion*

Les mâles sont globalement supérieurs aux femelles : ils donnent 60 p. 100 de turions en plus. Mais comme les turions mâles sont plus petits, pour les sommes de calibres, la supériorité des plantes mâles n'est que de 40 p. 100.

Au cours de la vie de l'aspergeraie, les femelles s'épuisent plus vite que les mâles.

La supériorité des mâles est variable suivant les populations. En particulier. chez le n° 6, les femelles sont à peine inférieures aux mâles (surtout les années de forte production) et sont nettement supérieures aux femelles des trois autres populations,

Au cours d'une campagne, les mâles commencent à produire avant les femelles.

IV.— ÉTUDE DE LA LONGÉVITÉ

Les observations individuelles ont permis de noter au cours des années 1960, 1961 et 1965 la disparition d'un certain nombre de plantes. Ces observations conduisent naturellement à une étude de la longévité en fonction des différents facteurs contrôlés de l'essai.

1. *Présentation des données*

Pendant les années 1960, 1961 et 1965, sur les populations 6, 8, 10 et 12, on a observé à la fin de chaque campagne le nombre des plantes vivantes de chaque sexe par parcelle élémentaire.

La variable étudiée est le nombre de plantes vivantes de chaque sexe dans une parcelle de 97,2 m².

La méthode d'analyse de variance est la même que précédemment (§ III)

TABLEAU 16

Nombre de plantes restées vivantes — Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Années	2	188,50	209,44	4,10	7,56
Années × Répétitions	10	0,90			
Sexes × Années	2	28,50	31,66	4,10	7,56
Sexes × Années × Répétitions	10	0,90			
Populations × Années	6	23,33	15,97	2,42	3,47
Populations × Années × Répétitions	30	1,46			
Populations × Sexes × Années	6	6,66	0,48	2,42	3,47
Populations × Sexes × Années × Répétitions	30	13,86			

Le tableau 16 présente la comparaison des variances pour tous les effets contrôlés, sauf pour les effets principaux populations et sexes et pour leur interaction dont l'étude isolée n'aurait pas de sens.

2. *Résultats*

Le tableau 17 présente l'ensemble des résultats pour l'effet années et ses interactions de premier et de deuxième ordre.

TABLEAU 17

Nombre de plantes vivantes par année
(effet principal et interactions de 1er et 2e ordre)

	1960	1961	1965
a) Moyenne générale	28,83	28,68	25,33
b) Résultats par sexe			
mâles	28,91	28,83	26,79
femelles	28,75	28,54	23,87
c) Résultats par population			
6	28,50	28,41	26,00
8	29,50	29,50	28,91
10	27,91	27,66	23,25
12	29,41	29,16	23,16
d) Résultats par population et par sexe			
6 M	27,50	27,50	25,83
F	29,50	29,33	26,16
8 M	29,50	29,50	29,33
F	29,50	29,50	28,50
10 M	29,50	29,33	25,83
F	26,33	26,00	20,66
12 M	29,16	29,00	26,16
F	29,66	29,33	20,16

3. *Interprétation et discussion*

a) *Effet années*

Il est hautement significatif : il est évident que le nombre de plantes vivantes diminue au cours des années.

Un certain nombre de griffes plantées n'ont pas repris, d'autres sont mortes dès les premières années, ce qui explique que l'effectif moyen de 1960 (tabl. 17 *a*) soit seulement de 28,83 au lieu de 30 théorique. On voit aussi que de 1960 à 1965, 12 p. 100 des plantes ont disparu.

b) *Interaction sexes × années*

Elle est hautement significative : la longévité des deux sexes est donc différente.

Comme le montre le tableau 17 *b*, il meurt plus de femelles que de mâles au cours des dernières années ; la « mortalité » (pourcentage de plantes mortes entre 1960 et 1965) est d'environ 7 p. 100 pour les mâles, 17 p. 100 pour les femelles.

c) *Interaction populations × années*

Elle est hautement significative : la longévité des 4 populations est donc différente.

Les chiffres du tableau 17 *c* montrent que la population n° 8 a une bonne longévité (mortalité 2 p. 100) ce qui explique peut-être qu'elle ait le meilleur rendement sur les 2 dernières années. Par contre, les populations n^{os} 10 et 12 ont respectivement 17 et 21 p. 100 de mortalité en 1965.

d) *Interaction populations × sexes × années*

Cet effet n'est pas significatif : pour toutes les populations, les différences entre sexes sont les mêmes en ce qui concerne la longévité.

Le tableau 17 *d* récapitule les données.

4. *Conclusion*

Pour l'ensemble de l'essai, la mortalité est plus forte chez les femelles que chez les mâles. Elle diffère d'une population à l'autre. En particulier la population n° 8 a une meilleure longévité.

V. — REMARQUES SUR LES DONNÉES INDIVIDUELLES

Une interprétation correcte des données individuelles non regroupées est malheureusement impossible en raison des nombreuses perturbations qu'a subies cet essai (interruption des observations pendant plusieurs années, mutilations de nombreuses plantes pour les besoins de la sélection, éléments incontrôlés au départ en particulier en ce qui concerne le poids des griffes etc.).

Toutefois, la population n° 8 qui a présenté une bonne longévité, avec une moindre hétérogénéité pour les poids de griffes, et qui a été relativement peu mutilée, a fait l'objet, pour les données individuelles, d'une étude sommaire.

Pour cette population, on disposait des résultats de 1958, 59, 60, 61, 62 et 65.

1. *Hétérogénéité*

On a d'abord constaté que pour tous les caractères observés, l'hétérogénéité au sein de la population est énorme, comme le montre le tableau 18.

Les rendements individuels varient donc couramment de 0 au double de la moyenne.

TABLEAU 18

Coefficients de variation individuelle $\left(Cv = \frac{100\ s}{\bar{x}}\right)$ *observés chez la populations n° 8*

Caractère observé	Valeur des coefficients de variation individuelle		
	chez les mâles	chez les femelles	pour l'ensemble de la population
Nombre de turions	48	54	56
Calibre moyen	26	28	29
Somme des calibres	49	53	54

Un autre moyen de montrer cette hétérogénéité consiste à classer les 347 plantes encore vivantes en 1965 par rendement décroissant, à les répartir en 4 classes d'effectifs égaux (soit un quart de l'effectif pour chaque classe) et à comparer les rendements des différentes classes, exprimés en « pour cent » du rendement total.

On établit ainsi le tableau 19, dans lequel figure également la répartition des effectifs par sexe dans chaque classe.

TABLEAU 19

Participation au rendement total de 4 classes de plantes d'effectifs égaux

N° d'ordre de la classe	Effectif de la classe		Participation au rendement total (%)	Répartition des effectifs par sexe dans chaque classe	
	en valeur absolue	en p. 100 de l'effectif total		mâles	femelles
1ere classe	87	25	44,5	63	24
2e classe	87	25	27,3	47	40
3e classe	87	25	18,5	40	47
4e classe	86	25	9,7	24	62

On constate que le premier quart produit à lui seul près de la moitié du rendement total et compte surtout des mâles alors que le dernier quart a une production très faible et compte surtout des femelles (ce qui confirme la supériorité des mâles).

2. *Régularité de production*

Il est donc évident que certaines plantes produisent, au total, beaucoup plus que d'autres. Ces plantes ont un intérêt certain pour l'amélioration et il a paru utile d'étudier la régularité de leur production au cours des années.

Sur les 347 plantes de la variété 8, on a considéré les 6 années comme des répétitions du rendement annuel de chaque plante.

Le tableau 20 présente l'analyse de la variation pour la somme des calibres.

Les différences entre plantes se maintiennent au cours des années ; on a également vérifié qu'il en est de même à l'intérieur de chaque sexe.

TABLEAU 20

Somme des calibres — Analyse de la variation à partir des données individuelles

Origine de la variation	DL	Variance	F	
			Observé	Théorique 0,01
Totale	2 081			
Années.....	5	98 038	273,8	3,02
Plantes	346	3 041	8,5	1,25
Erreur	1 730	358		

Le calcul des coefficients de corrélation entre la production de 1958 (ou de 1959) et la production totale permet de voir sur le tableau 21 que, dès les premières récoltes, le classement entre les plantes est établi.

TABLEAU 21

Coefficients de corrélation individuelle (r) entre les rendements des premières années de production et les rendements totaux

	DL	Valeur de *r*	
		1958/total	1959/total
Mâles	173	0,56	0,83
Femelles	172	0,61	0,82
Total	345	0,59	0,82

Tous ces coefficients sont significatifs à 0,001.

Cette observation est très importante car elle montre qu'on peut apprécier la valeur d'une plante dès les premières années de production.

VI. — CONCLUSION A L'ENSEMBLE DE L'ÉTUDE

Cet essai a apporté des précisions sur la valeur relative des douze populations étudiées et a permis de mettre en évidence l'intérêt particulier de la population nº 6. Malheureusement, les lots reçus sous ce nom par la suite ont été indiscutablement inférieurs au lot étudié. Ceci confirme l'instabilité des lots commerciaux et justifie *a posteriori* l'utilisation du terme « population ».

L'intérêt essentiel du travail réalisé ici réside donc dans l'étude des facteurs du rendement.

Malgré les nombreuses imperfections du dispositif expérimental, les significations sont toujours largement suffisantes et permettent de tirer des conclusions.

Certains des résultats acquis (en particulier ceux qui concernent les effets principaux) ne font que confirmer des notions connues depuis longtemps : diverses publications ont déjà signalé en particulier la supériorité des mâles sur les femelles pour la précocité, le rendement et le nombre de turions, le calibre moindre des turions femelles, la chute des rendements après un certain nombre d'années de récoltes, la grande hétérogénéité des populations (ROBBINS & JONES, 1925, 1926 et 1928 ; HABER, 1935 ; ELLISON *et al.*, 1958 et 1960).

Par contre, l'étude des interactions entre facteurs a apporté un certain nombre de précisions nouvelles dont nous retiendrons les plus importantes :

— une liaison entre le poids des griffes et le rendement a été constatée chez certaines populations ;

— les populations et les individus, qui au cours des premières années de récolte, se distinguent par leur supériorité, se maintiennent parmi les meilleurs tout au long de la vie de l'aspergeraie.

— l'intérêt agronomique des plantes mâles se manifeste sous diverses formes :

- les mâles sont plus précoces que les femelles au cours de chaque campagne ;
- ils s'épuisent moins vite au cours des années ;
- leur longévité est meilleure ;
- leur supériorité de rendement diffère d'une population à l'autre en particulier dans les années de pleine production ;
- avec l'âge, elle s'accentue en fin de campagne.

On peut se demander si les multiples aspects de la supériorité des mâles ne sont pas liés à l'économie de réserves due à la non production de graines.

Reçu pour publication en juillet 1969.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement MM. PÉCAUT, CHESNEAU, BRISSET, M. et Mme BONNEAU, M. et Mme FONTAINE pour la part qu'ils ont prise dans la réalisation de cet essai, MM. FARDEAU, GALLAIS, GLÉLÉ et THOMAS pour l'aide qu'ils ont apportée dans l'interprétation.

SUMMARY

RESULTS FROM A COMPARATIVE TRIAL WITH ASPARAGUS POPULATIONS

In the first part (« Study of plots data ») twelve populations from various origins, harvested from 1958 to 1965, are compared as to yield ; the number and average weight of spears are studied only during the last three years.

The experimental design used consists of 6 blocks of Fisher, with 60 plants to each population and block. Each year's harvests were subdivided into two equal periods.

The different effects (principal and complex) were tested by comparison of their variance with the variance of their interaction with the replicates (the replicates effect itself is not tested). Most of them are highly significant (except the periods effect for yield).

— Years effect : during the first three years of cropping, the average yield increases at the same time as the number of cutting operations.

— during the next three years, production is stabilized.

— after the sixth year, the average yield decreases (average weight and number of spears both decrease).

— Populations effect : considerable differences in yield are shown : 4 groups can be very clearly distinguished ; the number and average weight of spears (yield's components) vary greatly from one population to another and appear to be independent of each other.

— Periods effect : the yields of the two periods are equivalent ; in the trial as a whole the spears gathered during the second period have an average weight inferior to the one of those from the first period.

— Interaction years × populations : populations do not all evolve in the same way, but the most productive ones appear as such from the first year of cropping ; the decrease of the average weight of spears during the last years is not equal among all populations.

— Interaction populations × periods : four groups of precocity can be observed among the populations ; early spears are, on average, heavier than late ones.

At last it is possible to distinguish one excellent population (1), one without-anthocyanin and with large spears and good longevity, and three average populations.

In the second part (Study of individual data regrouped by sex) the spears of four of the above populations (nr *6, 8. 10* and *12*) are compared in regard to number and average calibre (and the sum of calibres). The individual observations were carried out during the three years 1960, 1961 and 1965. The method of work is the same as in the first part, but each year's harvests are divided into five periods instead of two. With regard to the effects observed so far, the results are similar to those given above. The sexes effect has been studied, as well as its interactions with the other factors.

— Sexes effect : in the trial as a whole the male plants produce more than the female ones and have smaller but more numerous spears.

— Interaction years × sexes : the two sexes do not evolve in the same way : the superiority of males in the sum of calibres is emphasized during the final year by the decreasing number of female spears and the tendency of calibres of both sexes to grow more equal.

— Interaction populations × sexes : divergences between sexes vary from one population to the next ; they are less striking in population nr 6 than in the others, except in regard to calibre of spears. This population is remarkable for the quality of its females, the spears of which are both numerous and large.

— Interaction periods × sexes : divergences between the sexes do not remain constant throughout the season ; males are earlier than females in total calibre and number of spears produced ; the superiority of females in average calibre increases as the season advances.

— Interaction years × populations × sexes : the evolution of the two sexes over the course of the years varies from one population to the next ; the males' superiority in sum of calibres increases with age, but in a varying degree according to population.

— Interaction populations × periods × sexes : the evolution of the two sexes during a season varies from one population to another ; the earliness of males is more or less marked according to population.

— Interaction periods × years × sexes : the evolution of the two sexes during the season varies with the age of plants ; with old plants the male superiority in sum of calibres continues right up to the end of the last cuttings.

Generally speaking, the agronomic superiority of males over females appears to be chiefly due to their earliness.

In the third part (« Study of longevity ») the years effect is observed and its interactions with the sexes and populations effects on the number of plants still alive at the end of each season.

— Years effect : mortality increases in the course of years.

— Interaction sexes × years : the longevity of the two sexes is different ; the females disappeare sooner than the males.

— Interaction populations × years : the longevity of the populations is different : in the course of the years the deaths are distributed differently according to population.

— Interaction populations × sexes × years : differences in longevity between the sexes vary from one population to another.

(1) Later supplies of the *Mammoth Emperor* population did not, unfortunately, come up to the standard of the batch studied).

In the fourth part (« Remarks on individual data ») a population is studied plant by plant ; the coefficients of variation for all characters are very high ; differences between plants remain year after year.

Finally, the most remarkable results are that the better populations and individuals can be identified from the very first years of cropping and that the agronomic superiority of males derives from the differences in earliness and longevity.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BANNEROT H., 1963. Résultats actuels d'un essai variétal d'Asperge. *C. R. Journ.internation. de l'Asperge*, Blois 23-25 mai, 1963.

ELLISON J.H. et *al.*, 1960. Asparagus yield as related to plant vigor, earliness and sex. *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **75**, 441-445.

ELLISON J. H., SCHERMERHORN L.G., 1958. Selecting superior asparagus plants on basis of earliness. *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.*, **72**, 353-359.

HABER E.S., 1935. Effect of harvesting, spacing and age of plants on yields of Asparagus. *Iowa agric. exper. Stn. Bull.* 339.

ROBBINS W.W., JONES H.A., 1925. Secondary sex characters in *Asparagus officinalis* L. *Amer. J. Bot.* **30**, 711-714.

ROBBINS W.W., JONES H.A., 1926. Sex as a factor in growing asparagus. *Proc. amer. Soc. hortic. Sci.* **23**, 19-23.

ROBBINS W.W., JONES H.A., 1928. The asparagus industry in California. *Univer. California Bull.*, **446**.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 325-332.

RÉSULTATS D'UN ESSAI DE DENSITÉ DE PEUPLEMENT CHEZ L'ASPERGE

H. BANNEROT, M. DERIEUX et J. ARNOUX*

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes,

**Laboratoire de Biométrie,*

Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

La comparaison de trois densités de peuplement montre que le meilleur rendement est obtenu avec la plus forte densité.

La densité optimale semble ne pas avoir été atteinte.

Cet essai a été mis en place en 1956 à Soings-en-Sologne, pour étudier le rendement et l'évolution d'une aspergeraie en fonction du peuplement.

I. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI

La population utilisée, *Racault-Vallières*, est le nº 10 de l'essai comparatif dont les résultats ont déjà été exposés (BANNEROT *et al.*, 1969).

Trois peuplements ont été réalisés :

D_1 : 6 173 pieds/ha
D_2 : 7 936 pieds/ha
D_3 : 11 111 pieds/ha

La densité utilisée habituellement en Sologne correspond à D_1. Les fumures, façons culturales, rythmes de cueillettes sont ceux couramment utilisés en Sologne.

Les récoltes ont commencé en 1958 et ont continué régulièrement au rythme suivant :

	Années							
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Nombre de cueillettes.	8	14	21	23	25	25	23	20

L'essai comprend 6 blocs de 3 parcelles se composant elles-mêmes de :

38 plantes à 0,90 m pour D_1,
49 plantes à 0,70 m pour D_2,
68 plantes à 0,50 m pour D_3.
L'interligne est de 1,80 m.

La récolte de chaque parcelle est pesée après que les turions aient été ramenés à 21 cm de long. Malheureusement, le calibrage et le dénombrement des turions n'ont pas été faits.

Pour mettre en évidence une action éventuelle du peuplement sur la précocité, on a divisé l'année en 2 périodes regroupant chacune la moitié des cueillettes (la période 1 en compte la moitié plus une si le nombre des cueillettes est impair).

Les données ainsi transformées conduisent au « rendement par parcelle élémentaire » qui est le poids total en kg des cueillettes *d'une période*, pendant un an, effectuées sur une parcelle de 38, de 49 ou de 68 plantes selon le cas, correspondant respectivement à 61,6 m² à 61,7 m² ou à 61,2 m².

II. — MÉTHODE D'ANALYSE

L'essai comporte 8 années, 3 densités, 2 périodes, 6 répétitions.

La variance de chaque effet, simple ou complexe, est comparée à la variance de son interaction avec les répétitions, comme on l'a déjà fait pour l'essai comparatif déjà cité.

Le tableau 1 présente la comparaison des variances.

III. — RÉSULTATS, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

L'étude des effets années, périodes et de leur interaction, conduit à des résultats comparables à ceux de l'essai comparatif, qu'il est inutile d'exposer à nouveau.

L'étude de l'effet densités et de ses interactions avec les années et les périodes conduit, par contre, à des résultats nouveaux.

TABLEAU I

Rendement - Comparaison des variances

Origine de la variation	DL	Variance	F		
			Observé	Théorique	
				0,05	0,01
Années	7	540,3	207,8	2,30	3,21
Années × Répétitions	35	2,6			
Périodes	1	135,4	23,7	6,61	16,26
Périodes × Répétitions	5	5,7			
Densités	2	110,2	14,3	4,10	7,56
Densités × Répétitions	10	7,7			
Années × Périodes	7	25,0	41,7	2,30	3,21
Années × Périodes × Répétitions	35	0,6			
Périodes × Densités	2	0,4			
Périodes × Densités × Répétitions	10	1,2			
Densités × Années	14	3,4	3,4	1,84	2,35
Densités × Années × Répétitions	70	1,0			
Années × Périodes × Densités	14	0,5	1,0	1,84	
Années × Périodes × Densités × Répétitions	70	0,5			

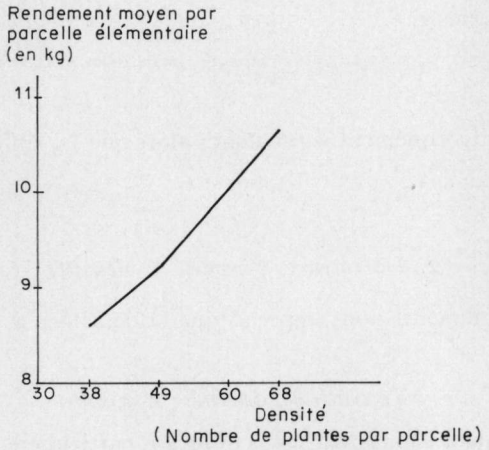


FIG. 1. — *Production moyenne par densité.*

1. *Effet densités*

Il est hautement significatif. Pour l'ensemble des 8 années, la production moyenne d'une parcelle élémentaire est selon la densité considérée :

D_1 : 8,6 kg
D_2 : 9,2 kg
D_3 : 10,7 kg

Ces trois résultats ne permettent pas de connaître la densité optimum qui peut se situer entre 8 000 et 11 000 pieds/ha ou au-delà de 11 000 comme le montre la figure 1.

On peut décomposer l'effet densités puisqu'il comprend 2 degrés de liberté, en comparant D_3 à $\frac{D_1 + D_2}{2}$, puis D_1 à D_2. Cette décomposition figure au tableau 2.

TABLEAU 2

Décomposition de la variance de l'effet densités

Origine de la variation	Somme des carrés des écarts	DL	Variance	F		
				Observé	Théorique	
					0,05	0,01
Effet densités	220,35	2				
$\frac{D_1 + D_2}{2} / D_3$	202,33	1	202,3	26,3	4,96	10,04
D_1/D_2	18,01	1	18,0	2,3	4,96	
Erreur = densités × répétitions	76,66	10	7,7			

D_1 et D_2 sont statistiquement équivalents alors que D_3 diffère significativement de leur moyenne $\frac{D_1 + D_2}{2}$.

2. *Interaction, périodes × densités*

Cet effet non significatif nous apprend que la densité n'a aucune action sur la précocité.

3. *Interaction, densités × années*

Cet effet, hautement significatif, nous intéresse particulièrement puisqu'il représente l'influence de la densité de peuplement sur le rendement tout au long de la vie de l'aspergeraie.

Le tableau 3, présente, regroupés par année et par densité, les rendements moyens par parcelle élémentaire.

TABLEAU 3

Rendements moyens par année et par densité (en kg)

	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	Moyenne
D_1.....	2,3	5,7	9,9	11,7	11,4	12,3	10,5	5,1	8,6
D_2.....	2,8	6,5	10,4	12,1	11,6	12,9	11,7	5,8	9,2
D_3.....	3,6	7,9	12,8	14,9	13,8	14,4	12,0	6,1	10 7
Moyenne...	2,9	6,7	11,0	12,9	12,3	13,2	11,4	5,6	9,5

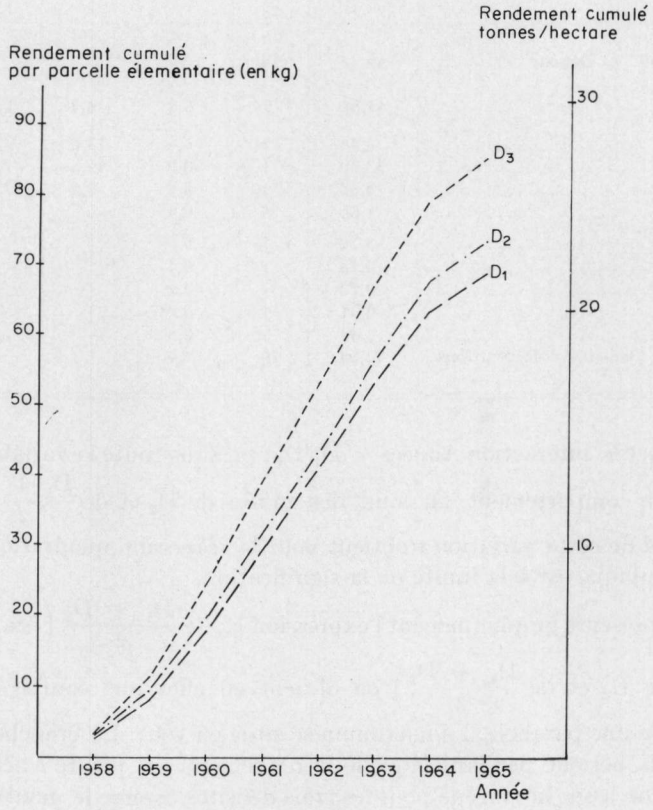


FIG. 2. — *Production annulée suivant les densité.*

L'évolution du rendement cumulé au cours des huit années pour chaque densité est représentée par les 3 courbes de la figure 2.

On constate un décalage de la courbe D_3 par rapport aux autres.

Pour comparer D_3 à $\frac{D_1 + D_2}{2}$ et D_1 à D_2, on a utilisé la même décomposition de la variance que pour l'effet densités seul, avec des coefficients tels que l'on obtient directement des régressions linéaires, quadratiques et cubiques... (FISHER).

Le tableau 4 expose cette décomposition.

TABLEAU 4

Décomposition de la variance de l'intéraction Années × Densités

Origine de la variation	Somme des carrés des écarts	DL	Variance	F		
				Observé	Théorique	
					0,05	0,01
Interaction Années × Densités	48.25	14				
A × $D_3/\frac{D_1 + D_2}{2}$	44,52	7	6,4	6,4	2,14	2,91
Linéaire	5,38	1	5,4	13,5	7,71	21,20
Quadratique.....	33,90	1	33,9	84,8	7,71	21,20
Cubique	3,62	1	3,6	9,0	7,71	21,20
Résidu.....	1,62	4	0,4			
A × D_1/D_2	3,74	7	0,5			
Linéaire	0,13	1	0,1			
Quadratique.....	0,22	1	0,2			
Cubique	0,01	1	0,01			
Résidu.....	3,38	4	0,8			
Erreur : Années × Densités × Répétitions .	72,53	70	1,0			

Il n'y a aucune interaction Années × D_1/D_2 : presque toute la variation concerne la différence de comportement, au cours des années de D_3 et de $\frac{D_1 + D_2}{2}$; d'autre part, l'essentiel de cette variation s'obtient pour la régression quadratique alors que la régression cubique est à la limite de la signification.

Si l'on représente graphiquement l'expression $D_3 - \frac{D_1 + D_2}{2}$ $\left(\text{écart entre les rendements de } D_3 \text{ et de } \frac{D_1 + D_2}{2}\right)$ on obtient en effet une courbe (fig. 3) dont l'allure rappelle une parabole. Le maximum se situe en 1961. La branche ascendante correspond à la période pendant laquelle le rendement par plante s'accroît rapidement et de façon assez homogène pour les trois densités comme le montre la figure 4 où ont été tracées 3 courbes représentant l'évolution du rendement par plante respectivement pour chaque densité.

Cela conduit, pour la période 1958-1961 à une différence croissante de rendement global entre densités. Par la suite, on voit sur la figure 4, que le rendement par plante

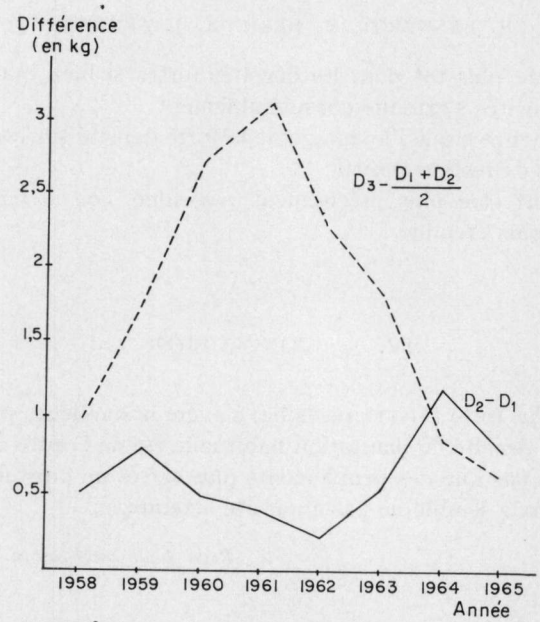


FIG. 3. — *Évolution des différences de productions entre densités.*

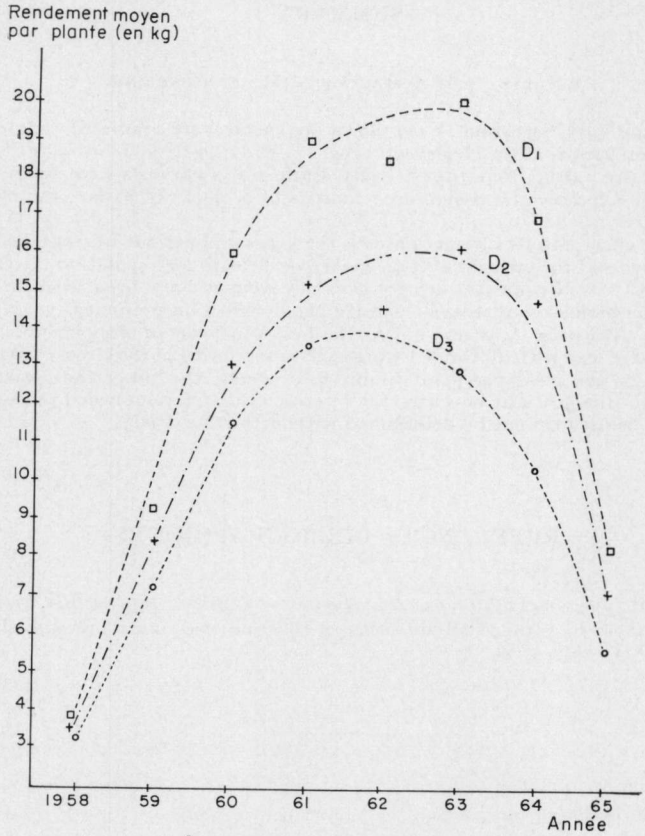


FIG. 4. — *Évolution des rendements moyens par plante.*

commence à décroître plus tôt pour les densités fortes, si bien que la différence de rendement entre densités s'atténue considérablement.

On voit sur la figure 3 que l'avantage de la forte densité sur les autres s'atténue avec les années tout en restant positif.

Il faudrait, pour être plus précisément renseigné, considérer une gamme de densités beaucoup plus étendue.

IV. — CONCLUSION

La densité la plus forte (11 111 pieds/ha) s'avère la meilleure sur les 8 années de récolte, alors que la densité de plantation habituelle est de l'ordre de 6 000 pieds/ha.

Ceci ne signifie pas que des peuplements plus serrés ne puissent être envisagés, car la densité optimale semble ne pas avoir été atteinte.

Reçu pour publication en juillet 1969.

SUMMARY

RESULTS FROM A SPACING TRIAL IN ASPARAGUS

Three spacings (6 173, 7 936 and 11 111 plants per hectare) are compared with regard to yield. The population used is of the *Argenteuil* type.

The harvests are taken from 1958 to 1965. Each year's harvests were subdivided into two equal periods. The experimental design used consists of 6 blocks of Fisher, the plots measuring about 61 sq. metres.

The densities effect and its interaction with the years and periods were studied.

— Densities effect : the greatest average yield over 8 years corresponds to the closest spacing.
: the optimal density does not seem to have been reached.

— Interaction periods × densities : density has no effect on precocity.

— Interaction densities × years : during the first four years of cropping the yield per plant increases in the same way with all three densities, the superiority of the closest spacing being very marked. Afterwards the yield per plant begins to decrease, the closer the spacing the sooner. Consequently, from the 5th year onwards, the interest of the more crowded plots decreases.

The optimal density cannot be determined without further trials.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BANNEROT H. et *al.*, 1969. Résultats d'un essai comparatif d'asperge. *Ann. Amélior. Plantes*, **19**, 289-324.

FISHER R. A., YATES F., 1949. *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*. 112 p. Oliver and Boyde, London, 3e éd.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 333-343.

UTILISATION D'INSECTES POUR LA POLLINISATION DE LA LUZERNE EN ENCEINTES FERMÉES

P. GUY*, J. LECOMTE et C. ÉCALLE

**Station d'Amélioration des Plantes fourragères, 86 - Lusignan*
Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91 - Bures-sur-Yvette
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Ce travail porte sur l'utilisation de différents insectes pour effectuer des pollinisations de luzerne en enceintes fermées.

On envisage, en particulier, la durée de la persistance du pouvoir germinatif du pollen porté par les insectes ; dans tous les cas, un temps de repos de 24 heures donne toute garantie et évite l'apport de pollen indésirable.

L'efficacité pollinisatrice de différentes espèces a été également étudiée, tant sur le plan de la vitesse de travail que sur celui des pourcentages d'autofécondation.

INTRODUCTION

La réalisation de programmes importants de pollinisations dirigées, en enceintes fermées, a amené les utilisateurs à rechercher des procédés permettant de remplacer la pollinisation manuelle, longue et fastidieuse.

Depuis quelques années, l'utilisation d'insectes a fait l'objet de recherches diverses et plusieurs auteurs ont publié le résultat de leurs études concernant divers insectes et divers végétaux. On peut ainsi citer KRAAI (1954), STEUCKARDT (1963), HOLM (1964), LECOMTE (1966), BERTHELEM (1966).

Le présent travail a pour but d'exposer les recherches effectuées à la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux de Bures et à la Station d'Amélioration des Plantes fourragères de Lusignan sur la pollinisation des légumineuses en enceintes fermées. L'essentiel du travail a porté sur la luzerne.

I. — LES INSECTES UTILISÉS

A. — *Les Abeilles*

Il semble possible, en premier lieu, de s'adresser à l'Abeille domestique, *Apis mellifica*. Ces insectes, qui sont de médiocres pollinisateurs de la luzerne en conditions de plein champ, peuvent cependant donner satisfaction lorsqu'ils se trouvent claustrés en n'ayant pas d'autres ressources florales que la luzerne.

Les pourcentages de déclenchement sont en effet très supérieurs à ceux observés dans la nature ; le nombre des ouvrières pouvant être très important, il est possible de pallier, par ce biais, le peu d'attractivité du pollen de luzerne.

Les conditions d'élevage des Abeilles en serre doivent obéir à certaines règles bien définies pour obtenir les meilleurs résultats en qualité et en quantité de travail.

a) *Ruchettes*

Les colonies, de taille égale ou supérieure à celle d'une ruchette à trois cadres, doivent au départ être bien peuplées et contenir un couvain abondant. Après une période d'accoutumance d'environ trois jours, au cours de laquelle la mortalité des butineuses est considérable, la colonie semble s'adapter aux conditions qui lui sont imposées et effectue un travail efficace. Il est cependant nécessaire de prévoir un nourrissement d'appoint, externe ou interne, au moyen de sirop de sucre, et de placer dans l'enceinte un abreuvoir d'eau pure. Il n'y aura pas intérêt à dépasser trois semaines de confinement en été ; cette période peut atteindre 3 mois en hiver.

b) *Microruchettes*

Un autre procédé mis au point par KRAAI (1954) est celui qui consiste à utiliser des « microruchettes ».

Il s'agit de ruches miniatures contenant deux cadres ayant une superficie égale au 1/6e de celle d'un cadre Dadant et peuplées d'environ 400 à 500 jeunes ouvrières. La présence de couvain n'est pas indispensable et la colonie ne comporte pas de reine.

Ces microruchettes s'adaptent très vite au confinement et sont capables le plus souvent d'effectuer un travail efficace pendant trente à quarante jours.

c) *Conditions d'emploi*

Dans tous les cas il est possible d'utiliser des abeilles durant l'hiver ; des sorties importantes peuvent être observées aux environs de 12°C (température de l'air) si l'éclairement mesuré au sol est au moins égal à 3 000 lux. D'autre part, le comportement des butineuses est encore normal à 40°C surtout si la ruche elle-même se trouve à une température plus basse.

Cependant, s'il est possible d'utiliser l'Abeille domestique pour assurer la pollinisation de la luzerne en milieu confiné, cet insecte présente aussi quelques inconvénients.

On remarque d'abord une assez grande variabilité entre les colonies quant aux

possibilités d'adaptation au confinement et certains échecs peuvent être enregistrés. Le peu d'appétence pour la luzerne se traduit souvent par une absence presque totale de butinage lorsque certaines conditions de milieu ou d'état physiologique de la colonie viennent diminuer l'activité de récolte. Les populations nombreuses que l'on doit entretenir dans les enceintes peuvent être la source de divers inconvénients. Enfin la réalisation d'un programme d'envergure oblige à entretenir un cheptel important qui réclame les soins d'un personnel qualifié.

Pour ces différentes raisons et sans négliger cette possibilité, il a paru nécessaire d'étudier les conditions d'utilisation d'autres pollinisateurs.

Il a ainsi été possible d'effectuer un certain nombre de recherches sur les bourdons, *Bombus* sp.

B. — *Les Bourdons*

Ces insectes qui vivent en colonies saisonnières ont fait l'objet, depuis quelques années de tentatives de « domestication ».

Il est maintenant possible de faire fonder un nid par une reine, au printemps, dans une ruchette spécialement aménagée.

En adoptant les méthodes d'élevage mises au point par POUVREAU (1965) il a été possible d'obtenir des colonies de différentes espèces susceptibles d'effectuer un travail de pollinisation à partir du mois d'avril et jusqu'en octobre.

Certaines de ces colonies peuvent être très populeuses (2 000 individus dans une colonie de *B. terrestris* en 1966) mais des résultats très intéressants ont été également obtenus en utilisant des populations composées de seulement quelques dizaines d'ouvrières.

Comme pour les colonies d'abeilles, il est nécessaire de prévoir une alimentation de complément : eau sucrée ou miel, pollen préalablement récolté par des abeilles et également des plantes fleuries d'une espèce autre que celle sur laquelle s'effectue le travail de pollinisation.

Le travail des colonies de bourdons est également très satisfaisant même quand les conditions de température ou de luminosité sont défavorables. Il n'est cependant pas encore possible de prévoir l'utilisation de ces insectes en dehors de la saison normale de leur activité bien que certaines tentatives dans ce sens aient donné des résultats encourageants et permettent d'allonger la période d'utilisation au printemps et en automne.

C. — *Les Mégachiles*

Nous avons utilisé un autre insecte appartenant au genre *Megachile*. Cette espèce a reçu le nom de *M. rotundata* aux États-Unis où elle fut découverte il y a une vingtaine d'années bien qu'elle n'ait rien de commun avec l'espèce portant ce nom en Europe. Il s'agit d'un insecte solitaire mais dont les femelles groupent volontiers leurs nids. Ceux-ci sont aménagés dans des trous préexistants et consistent en cellules construites avec des fragments de feuilles. Ces cellules contenant des prénymphes peuvent être conservées presque indéfiniment (au moins deux ans) à une température située au-dessous de 20° et ensuite réactivées par la chaleur. Vingt jours à 32°C suffisent pour assurer la formation et l'émergence de l'insecte parfait. Il est donc possible de diriger la population et d'obtenir le nombre souhaité de pollinisateurs à n'importe quel moment de l'année.

Ces insectes sont très fortement attirés par la Luzerne et d'autres légumineuses dont les fleurs sont de petite taille et leur travail est très efficace, même quand elles sont en nombre très restreint.

Il est possible de leur offrir un supplément de nourriture sucrée d'une manière analogue à celle pratiquée pour les abeilles ou les bourdons, par contre, elles ne récoltent le pollen, essentiel pour l'élevage de leur progéniture, que sur des plantes fleuries. Il est donc nécessaire de prévoir une alimentation de ce type, les luzernes placées pour la pollinisation étant généralement insuffisantes. De bons résultats ont été obtenus en utilisant le Mélilot. Le travail de chaque femelle, en milieu confiné peut se poursuivre durant environ un mois.

Les inconvénients de ces insectes proviennent de leurs besoins en lumière et température qui sont très élevés. Les femelles ne récoltent que peu de pollen en dessous de 25°C et d'une luminosité inférieure à 5 000 lux.

Si le chauffage de l'enceinte ne présente pas de difficultés, l'éclairage est plus délicat à réaliser pour obtenir une activité de butinage normale. Pour plus de détails sur les méthodes d'élevage et d'utilisation en serre, on peut consulter BOHART (1963) HOLM (1964).

II. — PERSISTANCE DU POUVOIR GERMINATIF DU POLLEN TRANSPORTÉ PAR LES INSECTES POLLINISATEURS

A. — *Généralités*

Lors de la réalisation d'une pollinisation croisée à l'aide d'un insecte, il est évidemment indispensable de s'assurer que la fourrure de celui-ci ne contient pas de grains de pollen indésirables susceptibles de germer. Deux séries d'observations ont été effectuées par KRAAI (1962) et par BUTLER et HAIGH (1956) en utilisant un gène dominant marqueur. Les insectes, en l'occurrence des abeilles domestiques, butinaient d'abord sur le matériel végétal porteur de l'allèle récessif. Ces deux essais, effectués sur diverses crucifères ont montré qu'une nuit suffisait pour éliminer tout risque de contamination par le premier pollen.

Pour expliquer ce phénomène, on dispose de deux interprétations qui ne sont ni contradictoires ni exclusives, celle de l'élimination mécanique des grains de pollen et celle d'une inhibition du pouvoir de germination, due soit aux conditions de milieu soit aux sécrétions de l'insecte.

Rappelons au sujet de ce dernier point les travaux qui ont mis en évidence l'action inhibitrice sur la germination du pollen des différentes sécrétions salivaires de l'ouvrière Abeille (LAVIE 1960).

Cependant nous ne disposions pas de données expérimentales concernant la luzerne et les travaux précédents ne portent pas sur des pollinisateurs autres que l'Abeille.

B. — *1er essai avec Abeille domestique et Mégachile*

Dans un premier essai nous avons utilisé deux espèces de pollinisateurs, l'Abeille domestique et le Mégachile en leur offrant successivement dans un compartiment de serre de 3 × 4 × 2 m, un pot contenant un pied de luzerne à fleurs violettes, puis un pied de luzerne à fleurs blanches. L'intervalle de temps entre les deux présentations

est variable et l'on ne présente bien entendu que des fleurs non déclenchées afin d'être certain de pouvoir attribuer aux insectes présents une éventuelle fécondation des fleurs blanches par du pollen provenant de fleurs violettes.

Dans l'hypothèse où du pollen en provenance du clone violet joue un rôle dans la fécondation du clone blanc, on se trouve devant une hétéropollinisation qui se laisse apprécier :

1° par l'apparition de fleurs violettes dans la descendance du clone blanc ;

2° par un certain nombre de critères différenciant les résultats des deux types de fécondation.

Ces différents critères donnant des résultats avant les observations de la couleur des fleurs de la descendance, nous les avons d'abord examinés.

Nous avons d'abord constaté qu'une autofécondation, effectuée à la main et non par des insectes, nous donnait les valeurs suivantes :

Poids de 1 000 graines : 2,4
Nombre de graines par gousse : 1,7
P. 100 de gousses par rapport aux fleurs déclenchées : 52 p. 100

Les mêmes valeurs observées sur des luzernes appartenant à un clone à fleurs blanches, en fonction du temps de repos de l'insecte après le butinage du clone à fleurs violettes sont les suivantes (tabl. 1 et 2).

TABLEAU 1

Megachile rotundata

Temps de repos (h)	1	2	4	6	8	24	28	32
Poids de 1 000 graines (g)	2,9	2,3	2,6	2,5	2,2	2,2	2,1	
Nombre de graines par gousse	2,0	2,1	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,3
P. 100 de gousses par fleur déclenchée .	41,6	37,2	42,9	22,3	24,2	11,0	18,0	17,0

(1) Les valeurs obtenues pour une autofécondation à la main ou par les insectes ne sont pas identiques, les différences sont peut-être dues à des effets de « masse » du pollen.

TABLEAU 2

Apis mellifica

Temps de repos (h)	2	4	6	8	10	12	24
Poids de 1 000 graines (g)	2,9	2,6	2,7	2,2	2,1	2,0	2,1
Nombre de graines par gousse .	1,7	2,1	1,8	1,4	1,2	1,1	1,2
P. 100 de gousses	52,7	30,5	37,2	26,9	27,2	32,1	26,0

Entre chaque passage de plantes, un « lavage » de pollen a été effectué grâce à un apport de fleurs d'espèce différente ou de pollen frais.

Par la suite, les tests de descendance de la plante à fleur blanche ont donné les résultats suivants (tabl. 3 et 4).

TABLEAUX 3 ET 4

Megachile rotundata

Temps de repos (h) ...	1	2	4	6	8	24
P. 100 de fleurs blanches	65	80	96	98	100	100

Apis mellifica

Temps de repos (h) ...	2	4	6	8	10	12	24	28
P. 100 de fleurs blanches	60	82	88	92	96	98	100	100

On remarquera que les indications données par les premières séries de mesure se trouvent confirmées par le test de descendance. En particulier le temps de repos nécessaire paraît moins long pour *M. rotundata* que pour l'Abeille domestique : 8 heures et 12 heures.

Une expérience semblable a été menée sur le Trèfle blanc en utilisant l'autoincompatibilité de cette espèce. Un clone A est présenté aux pollinisateurs, puis un clone B à intervalles de temps variables. Le clone B ne peut fournir de graines que s'il est fécondé par du pollen de A.

Les résultats obtenus sont remarquablement proches de ceux de la Luzerne.

C. — *2e essai avec Bourdon*

Dans une deuxième série d'essais, il nous a paru intéressant d'utiliser un troisième pollinisateur *Bombus terrestris* et de modifier légèrement le protocole expérimental.

En effet dans nos premiers essais, le pollen du clone à fleurs violettes ne se trouvait en compétition qu'avec le pollen du clone à fleurs blanches et l'on comparait une autopollinisation avec une hétéropollinisation. Dans notre deuxième série d'essais, nous avons utilisé deux clones à fleurs blanches, mettant ainsi le pollen du clone à fleurs violettes en compétition avec un autre allopollen.

Nous nous contenterons pour cette série de donner les résultats des tests de descendance des plantes à fleurs blanches.

TABLEAU 5

Temps de repos (h) ..	2	3	4	6	8	12	16	24
Bombus sp. (%)	72		82	92	96	99		100
M. rotundata (%) ...		84	90	98	100			
Apis mellifica (%) ...			79		90	96	99	100

Ici il ne s'agit plus seulement d'autofécondation puisqu'après le passage sur la plante « violette » nous avons placé dans l'enceinte de pollinisation deux plantes « blanches ».

On peut remarquer que les deux types d'essais ont donné les mêmes résultats. C'est-à-dire que pour les Mégachiles un temps de repos de 8 heures est suffisant, tandis qu'il faut plus de 16 heures pour l'Abeille domestique, les bourdons nécessitant plus de 12 heures. Nous attendions des résultats différents puisqu'il y a à la fois de l'allopollen blanc et de l'allopollen cardinal dans la deuxième expérience et non plus seulement de l'allopollen cardinal.

La similitude des résultats entre les deux essais est peut-être due au fait que le pollen du clone « violet » (cardinal) l'emporte dans une compétition sur l'autopollen et l'allopolen « blanc ».

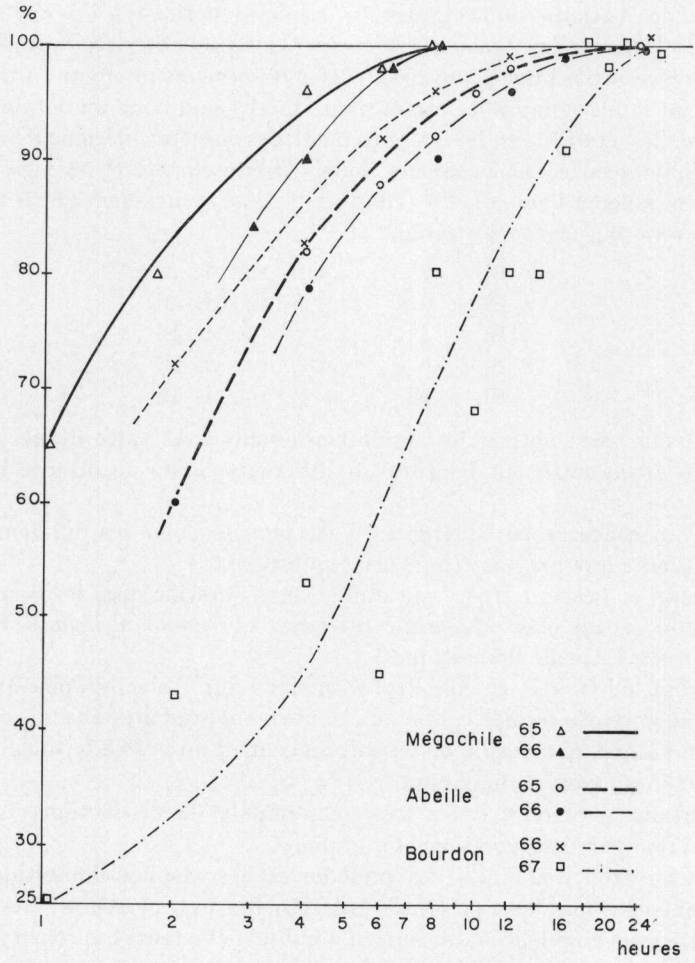


FIG. 1. — *Pourcentage d'autofécondations en fonction du temps de repos*

Les résultats obtenus avec Mégachile et Abeille, pour les deux années sont assez semblables. Par contre, ceux obtenus avec le Bourdon ne sont pas concordants ; on peut l'expliquer par le fait qu'en 66 nous disposions d'une très forte colonie d'ouvrières, et en 67, d'une colonie beaucoup plus faible en nombre.

De toute manière, quel que soit l'insecte pollinisateur utilisé, un temps de repos de 24 heures donne toute garantie.

III. — EFFICACITÉ POLLINISATRICE DES INSECTES

Lorsque nous mettons en présence des clones de luzerne, les taux d'autofécondation dans les différents croisements peuvent s'écarter sensiblement de la panmixie par suite d'autofécondation, homogamie, fixité clonale, autostérilité... Ces facteurs de variation sont liés à la plante et aux insectes pollinisateurs, leur détermination est d'une grande importance pour l'étude du comportement des insectes, la détermination de l'évolution de la vigueur au cours des générations de multiplication des hybrides ou des variétés synthétiques, les études génétiques.

En réalité, par des mécanismes de compétition probablement hormonaux, l'allopollen est favorisé et le taux d'autofécondation observé est inférieur au taux panmictique pour un faible nombre de constituants tandis que pour un nombre de constituants élevé, les études sur le comportement des insectes (déclenchement inflorescence par inflorescence, déplacements limités, fixité clonale (1) et les études sur la dispersion du pollen à l'aide du P^{32} (DEMARLY, 1955) y suggèrent que le taux d'autofécondation sera plus élevé qu'attendu.

Bl × C	14,5 p. 100 de Bl
2 Bl × 2 C	28,5 p. 100 de Bl
4 Bl × 4 C	42 p. 100 de Bl
8 Bl × 8 C	51,5 p. 100 de Bl
Bl × Bl	100 p. 100 de Bl

Nous avons ainsi obtenu les résultats suivants à la suite d'une pollinisation effectuée par *B. terrestris* sur boutures de différents clones de luzerne blanc (bl) et cardinal (c).

En ce qui concerne les différences d'attractivité entre les différents clones de luzerne, plusieurs auteurs ont étudié cette question.

PEDERSEN et BOHART (1952) ont étudié cette question chez les Bourdons, VANSELL et TODD (1946) chez *Megachile rotundata* et *Nomia melanderi*, PEDERSEN et TODD (1949) sur l'Abeille domestique.

Un travail de BOREN et coll. (1962) effectué sur l'Abeille domestique montre que dans une enceinte fermée contenant 10 clones représentés chacun par 8 plantes disposées au hasard, une abeille ne visitait au cours d'un vol de butinage qu'un petit nombre de clones : trois au maximum.

La fixation (1) pouvait durer très longtemps et la distinction s'opérait entre des clones d'une parenté génétique très grande.

KAUFFELD (1967) a étudié les préférences des abeilles domestiques et leurs stabilités, en observant 10 233 visites individuelles de butineuses. Les préférences semblent être sous l'influence d'un certain nombre de facteurs qui rentrent en compétition et sont eux-même influencés par le milieu.

(1) Nous entendons par fixité clonale le fait qu'un insecte pollinise préférentiellement certains clones.

Parmi ces facteurs, on peut citer la couleur ; les clones préférés sont ceux dont la courbe spectrophotométrique présente un pic accentué vers 450 mμ. L'odeur joue aussi un rôle, ainsi que la concentration et le volume du nectar.

Pour notre part, nous avons cherché à évaluer l'efficacité pollinisatrice des différents insectes étudiés, dans les différentes conditions d'utilisation en enceintes fermées, en tenant compte des pourcentages d'autofécondation et de différents autres facteurs.

Rappel du protocole.

Nous disposons du même matériel végétal que dans l'expérience précédente, soit des clones à fleurs violettes (allèle marqueur dominant) et des clones à fleurs blanches (allèle récessif).

Un clone blanc et un clone violet sont présentés simultanément aux insectes soit en pot, soit en boutures d'inflorescences sur bac de sable. Le nombre de fleurs épanouies est de 100 par clone. Les trois insectes étudiés sont le Bourdon, l'Abeille et le Mégachile.

1. *Mesures effectuées*

L'évaluation de l'efficacité de ces insectes est mesurée à l'aide des critères suivants :
— Pourcentage et vitesse de déclenchement,
— Pourcentage de gousses par fleurs déclenchées,
— Nombre de graines par gousse,
— Poids de 1 000 graines,
— Pourcentage d'autofécondation par test de descendance des graines issues de la plante à fleurs blanches.

2. *Résultats*

Le taux de déclenchement des fleurs de luzerne varie de 90 à 99 p. 100 selon :

l'insecte,
le clone de luzerne,
les conditions de milieu (activité de l'insecte).

Ce déclenchement est obtenu après un temps plus ou moins long pour les mêmes raisons que précédemment. Il est apparu que les Mégachiles travaillent le plus rapidement (quelques minutes pour 100 fleurs). Dans de bonnes conditions les bourdons arrivent aux mêmes résultats. Par contre, les abeilles semblent plus lentes, le déclenchement peut s'étaler sur quelques heures.

A titre d'illustration le tableau 6 donne des relevés de temps de déclenchement et le tableau 7 les mesures effectuées pour les autres critères.

TABLEAU 6

Temps de passage		1/4 h	1/2 h	1 h	2 h	6 h
P. 100 de déclenchement	Abeille	4	15	25	40	95
	Mégachille	45	90	95	99	—
	Bourdon	25	42	60	98	—

Le pourcentage d'autofécondation le plus bas nous est donné par les Mégachiles avec boutures sur bac de sable. D'une manière générale les taux d'autofécondation sont plus bas sur bac. On peut l'expliquer par le fait que toutes les inflorescences se

TABLEAU 7

	Bourdon (*B. terrestris*)		Abeille		Mégachile		Témoin croisement à la main	
Plante en.....	pot	bac	pot	bac	pot	bac	pot	bac
Poids de 1 000 graines	2,5	2,3	2,9	1,9	2,8	2,4	3,15	2,15
Nombre de graines/gousses	2,8	2,4	3,3	2,5	3,1	3,2	5,7	1,7
P. 100 de gous. par fleurs déclenchées	79	58	70	61	72	67	89	59
P. 100 d'autofécondation	15,2	13,0	13,5	10,5	10,5	9,5	0	

touchent, alors qu'elles sont plus éloignées dans le cas d'une plante cultivée en pot. On ne peut cependant écarter l'hypothèse selon laquelle la fleur autopollinisée serait plus sensible à la coulure dans les conditions de culture en bac.

CONCLUSIONS

Nous avons voulu préciser les conditions dans lesquelles la luzerne peut être pollinisée par différents insectes. Plusieurs espèces sont utilisables et la liste de celles que nous avons employées n'est pas limitative. Chaque espèce présente des avantages et des inconvénients que nous avons voulu mettre en évidence. A part la question de la persistance du pouvoir germinatif du pollen porté par les insectes, qui est facile à résoudre, il nous a paru important d'envisager l'efficacité pollinisatrice des insectes étudiés.

Les pourcentages d'autofécondation relativement élevés que nous avons observés semblent pouvoir être attribués à des phénomènes de fixation clonale des pollinisateurs.

Un certain nombre de facteurs influent certainement sur cette tendance ; et bien que les taux d'autofécondation observés en utilisant notre dispositif expérimental soient faibles par rapport à ceux signalés par d'autres auteurs (HANSON et coll., 1964), il est sans doute important d'en tenir compte pour prévoir les résultats d'un croisement.

Reçu pour publication en juin 1969.

SUMMARY

USE OF INSECTS FOR POLLINATING LUCERNE IN CLOSED UNITS

This paper deals with the use of various insects : *Apis mellifica*, *Bombus* sp. and *Megachile rotundata* for pollinating lucerne, *Medicago sativa* in closed units. The conditions of use of these insects are discussed :

Firstly for the rapid rotation of plants in the cages, the authors tested the persistence of the germinative powers of the pollen carried by insects under two different conditions (potted plants and cut inflorescences) (tables 3, 4 and 5). The duration of the pollen is 6-8 hours for *Megachile rotundata* and a little longer for *Bombus* sp. and *Apis mellifica*, but whatever pollinating insect is used, a rest period of 24 hours gives every guarantee of success as confirmed by the results for *Trifolium repens*.

Next the authors e'xamine the effectiveness and quality of the work done by insects. The tripping rate of the flowers varies from 90 to 99 p. 100. Tripping came after shorter or longer periods depending on the insect, the lucerne clone and the ambient conditions.

Pollination of lucerne in cages.

Megachille rotundata, *Bombus* sp. and *Apis mellifica* tripped 90 p. 100 of the flowers respectively in 1, 2 and 6 hours (table 6). The self-fertilization rate measures with a genetic marker was of the order of 10 to 5 p. 100. It was least with *Megachille rotundata* and the technique of cut inflorescences. Finally, fertility (70 p. 100), the number of seeds per pod (3) and the weight of 1 000 seeds 2.4 g) were higher for the potted plants than the inflorescence cuttings (table 7).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERTHELEM P., 1966. Essai d'utilisation d'insectes pollinisateurs (*Bombus* LATR.) dans l'amélioration de la féverolle (*Vicia faba* L.) *Ann. Amélior. Plantes*, **16**, 1, 101-115.

BOHART G. R., 1963. How to manage the leaf-cutting bee for alfalfa pollination. *Circ. Utah Agric. exper. Stn.* n° 144 7 F.

BOREN R. B. et *al.*, 1962. Foraging behaviour of honey bees on selected alfalfa clones. *Crop Sci.*, **2**, 3 185-88.

BUTLER C. G., HAIGH J. C., 1956. A note on the use of honey bees as pollinating agents in cages. *J. hortic. Sci.*, **31**, 4, 295-97.

DEMARLY Y., 1955. Geneva conference, paper n° P/105.

DEMARLY Y., CHESNEAUX M. T., 1966. La culture de la luzerne en conditions artificielles. *Ann. Amélior. Plantes*, **16**, 3, 299-305.

HANSON C. H. et *al.*, 1964. Performance of two-clones crosses in alfalfa and an unanticipated self-pollination problem. *U. S. Dept Agric. Techn. Bull.*, **1300**, 46 p.

HOLM N., 1964. Bladskaerebien (*Megachile rotundata*). *Ugeskr. landm.* n° 45-6.

KAUFFELD N. M., 1967. Clonal preference factors related to honey bee foraging on alfalfa. *Kansas State Univer. Ph. D. Thesis* 67-13, 954.

KRAAI A., 1954. The use of honey-bees and bumble-bees in breeding work. *Euphytica*, **3**, 97-107.

KRAAI A., 1962. How long do honey-bees carry germinable pollen on them? *Euphytica*, **11**, 53-56.

LAVIE P., 1960. Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeilles (*Apis mellifica* L.). *Ann. Abeille*, **3**, 2, 103-183 ; **3**, 3, 201-305.

LECOMTE J., 1966. Les abeilles dans les serres. *Rev. agric. Fr.*, 55-53.

PEDERSEN M. W., BOHART G. E., 1953. Factors responsible for the attractiveness of various clones of alfalfa to pollen collecting bumble-bees. *Agron. J.*, **41**, 6, 247-49.

PEDERSEN M. W., TODD F. E., 1949. Selection and tripping in alfalfa clones by nectar collecting honeybees. *Agron. J.*, **41**, 6, 247-49.

POUVREAU A., 1965. Sur une méthode d'élevage des bourdons à partir de reines capturées dans la nature. *Ann. Abeille*, **8**, 2, 147-159.

STEUCKARDT R., 1963. Der Einsatz von Honigbienen bei diallelen Kreuzungen insektenblütiger Fremdbefruchter. *Z. Pflanzenzucht.*, **49**, 2, 161-72.

VANSELL G. H., TODD F., 1946. Alfalfa tripping by insects. *J. amer. Soc. Agron.*, **38**, 470-487.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 345-351.

UN NOUVEAU TYPE DE NANISME CHEZ LE MAÏS

M. POLLACSEK

Station d'Amélioration des Plantes
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Le caractère de nanisme chez le Maïs offre une grande variabilité quant à l'intensité et à la localisation de la réduction de longueur des entre-nœuds. Un type, où seule est affectée la fraction de tige au-dessus de l'épi, est décrit. Son comportement en croisement est envisagé.

INTRODUCTION

Le caractère de nanisme chez le Maïs a retenu depuis vingt ans l'attention des sélectionneurs nord-américains comme objectif possible de sélection. Parmi les nanismes à contrôle génétique simple, le plus utilisé en sélection a été celui dû au gène récessif « brachytic 2 » (*br. 2*). Tous les entre-nœuds ont une taille réduite, mais les entre-nœuds en-dessous de l'épi sont affectés plus fortement. L'épi est alors placé près du sol, où il est plus sujet à la pourriture. Un autre défaut majeur est la diminution de rendement, assez fluctuante en fonction du milieu, de l'ordre de 15 à 20 p. 100 par rapport à la forme normale cité par PENDLETON *et al.* (1961), ANDERSON *et al.* (1962).

Cette diminution peut être imputée en partie à la manifestation trop précoce du gène, qui affecterait défavorablement la physiologie de la plante, notamment la croissance de l'épi. Aucun hybride *br. 2* ne semble avoir eu jusqu'à présent un grand succès en culture.

Ceci nous a amené à penser qu'une réduction de longueur limitée à quelques entre-nœuds et localisée à la fraction de la tige au-dessus de l'épi serait mieux tolérée par la plante. Un tel nanisme pourrait être qualifié de subapical.

Dans la littérature, une réduction des entre-nœuds subapicaux a été signalée chez la lignée *Texas 61 M*, par FLEMING *et al.* (1964), qui n'ont pas étudié le comportement de ce caractère en croisement, ni envisagé son intérêt comme objectif de sélection.

A la suite d'une prospection dans diverses collections de lignées et de populations, nous avons retenu et étudié le cas d'une lignée, *K 257*, isolée par KISS à partir de disjonctions dans du matériel issu d'une population de la région du Danube ayant subi trois générations d'autofécondation.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Apparemment, la réduction de la hauteur de la plante porte uniquement sur les entre-nœuds situés au-dessus du nœud d'insertion de l'épi. Les gaines et les limbes, la panicule et l'épi semblent parfaitement « normaux ».

A la différence d'autres nanismes subapicaux que nous avons remarqués, tel celui de la lignée yougoslave *R 319*, les entre-nœuds affectés le sont très fortement : la tige présente alors un faciès tératologique comme le montrent les figures 1 et 2. Dans la suite du texte, nous utiliserons le terme de contraction pour qualifier ce phénomène de diminution de taille.

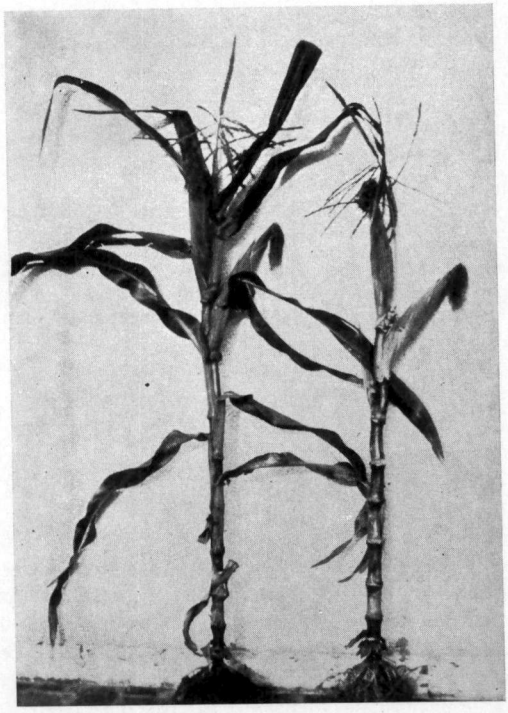


FIG. 1. — *Plantes de la souche* K 257 (hauteur d'insertion de l'épi : 0,9 m)
Leur structure correspond au type ayant l'astérisque dans le tableau 1

La contraction qui s'exerce sur la fraction de tige située au-dessus de l'épi constituée par un nombre variable d'entre-nœuds N, peut être décrite par les caractéristiques suivantes :

— le nombre d'entre-nœuds affectés, qui donne une mesure de l'intensité du nanisme ;

— une limitation possible de la contraction à des entre-nœuds non terminaux : l'entre-nœud terminal — ou une série des derniers entre-nœuds incluant celui-ci — demeurant normal ;

— la continuité ou la discontinuité due à la présence d'un ou plusieurs entre-nœuds normaux intercalés entre deux entre-nœuds contractés.

Le tableau 1 donne la répartition des nombreuses structures trouvées, ramenées à quatre types, pour les plantes de la souche *K 257*, cultivée à différents peuplements, au champ.

TABLEAU I

Répartition des plantes ayant un ou plusieurs entre-nœuds contractés
Culture à trois peuplements différents au champ de *K 257*.
Traitement à l'acide gibbérellique réalisé en culture estivale en serre (6 pl/m²) de *K 257*.

Conditions	x = N	x = N-1	x < N-1		χ^2 pour l'homogénéité des distributions de fréquences	Probabilité
			Entre-nœud terminal inclus	exclu		
	I*	II	III	IV		
Culture au champ						
3 pl/m²	14	39	6			
5 pl/m²	14	35	11		16,12	< 0,01
8 pl/m²	8	28	22	2		
Traitement à l'acide gibbérellique						
Témoin	9	24	15			
10 ppm	11	22	13	1	1,50	0,70

N = nombre d'entre-nœuds de la fraction de tige au-dessus de l'épi (dans tous les schémas N = 6).
x = nombre d'entre-nœuds contractés.
* = ce type de structure est celui des plantes des figures 1 et 2.

Le niveau de « vigueur » de la plante, qui croît avec la diminution de peuplement, a une influence déterminante sur l'intensité de l'expression de ce caractère ; plus il est élevé :

— plus il y a d'entre-nœuds contractés,

— plus la diversité des structures trouvées est réduite.

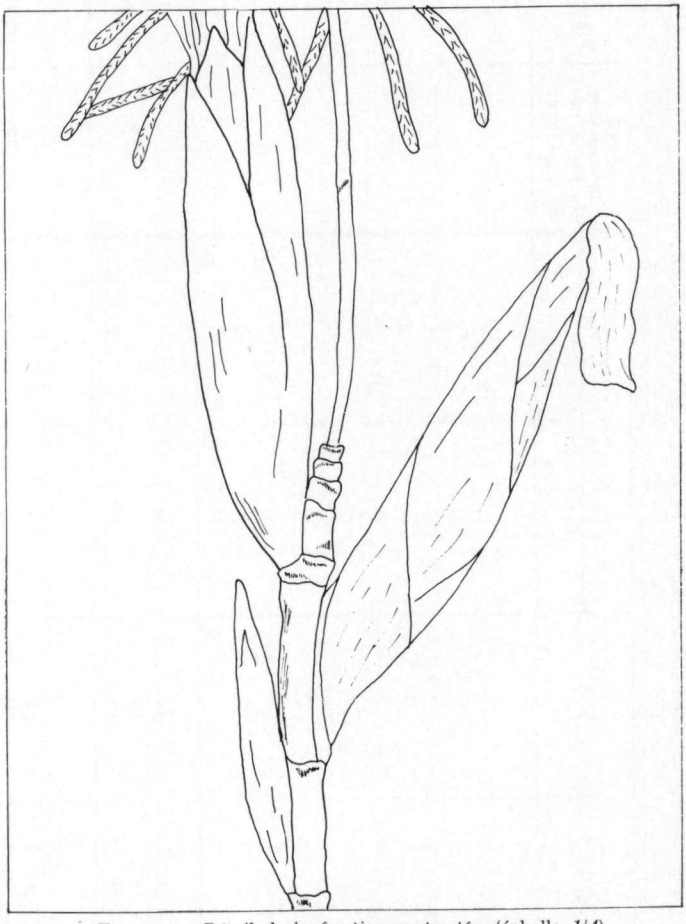


FIG. 2. — *Détail de la fraction contractée.* (échelle *1/4*)

Cela peut expliquer qu'en culture hivernale sans lumière d'appoint, où la « vigueur » des plantes est faible, celles-ci ont un aspect normal. De même, les talles, dont la nutrition est grandement indépendante de la tige principale, montrent souvent une structure différente de celle-ci.

L'expression de ce nanisme subapical est à rapprocher d'un nanisme chez la Tomate, signalé par RICK et BUTLER (1956), qui ne s'exprime pleinement que dans les conditions de lumière intense et de température élevée de l'été, et ne se manifeste pas l'hiver en serre.

Un traitement, échelonné dans le temps, de *K 257* à l'acide gibérellique (GA 3), à la dose élevée de 10 p.p.m., par apport bi-hebdomadaire dans le cornet foliaire de 3 ml de solution alcoolique à 90°, a été réalisé durant l'allongement de la tige.

Les distributions de fréquences des différents types de structures (tabl. 1) ne sont pas significativement différentes. La longueur des entre-nœuds restés normaux a été augmentée.

La comparaison des cellules épidermiques de la zone médiane d'un entre-nœud normal et

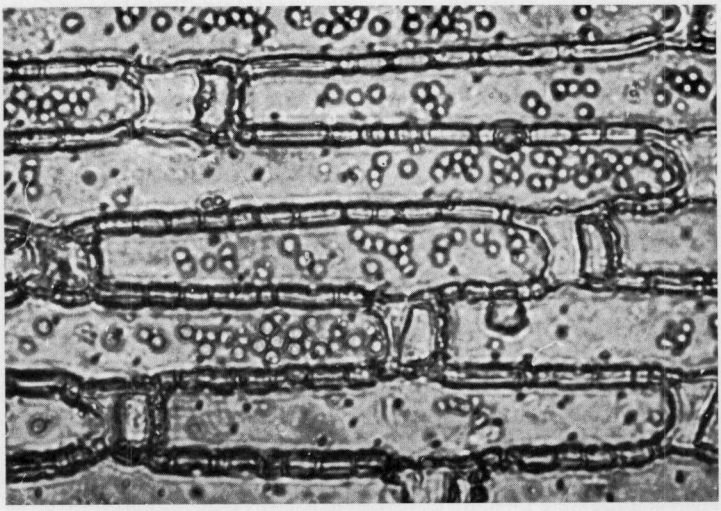


FIG. 3. — *Cellules d'épiderme de la zone médiane d'un entre nœud normal, adjacent au nœud d'insertion de l'épi* (× 420)

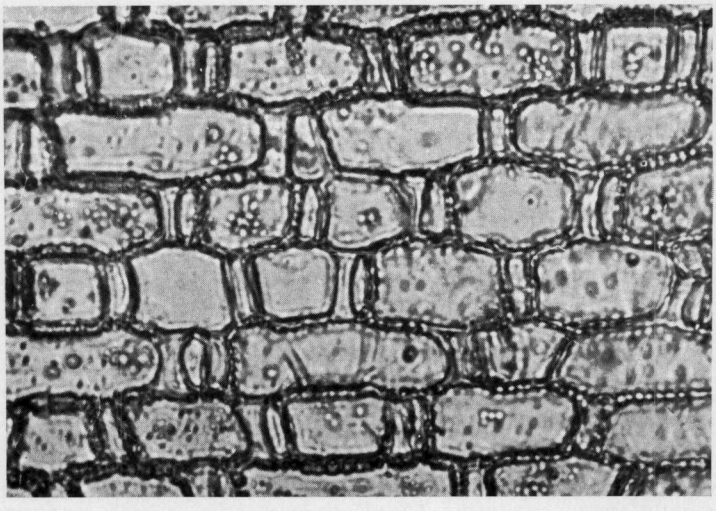


FIG. 4. — *Cellules d'épiderme de la zone médiane d'un entre-nœud réprimé adjacent au nœud d'insertion de l'épi* (× 420)

d'un entre-nœud contracté (fig. 3 et 4), montre que chez ce dernier la longueur des cellules est beaucoup plus faible (entre-nœuds de rang homologue de plantes de *K 257*).

COMPORTEMENT EN CROISEMENT

Différentes lignées normales (*FC 217, F 19, W 33*) et un hybride simple normal (*W 64 A* × *A 619*) ont été croisés avec la souche *K 257* en 1967. Les plantes F 1 de divers croisements se sont montrées normales en culture estivale en 1968. La contribution de un ou plusieurs gènes récessifs dans le déterminisme de ce nanisme reste à préciser.

CONCLUSIONS

Alors que le gène « brachytic 2 » entraîne une diminution de hauteur d'insertion de l'épi qui rend la récolte mécanique difficile, le nanisme subapical, de par sa nature, ne peut présenter cet inconvénient.

La vérification de l'absence d'effet dépressif sur le rendement doit s'accompagner de la détermination de la structure idéale (nombre d'entre-nœuds contractés, opportunité de la contraction de l'entre-nœud qui suit le nœud d'insertion de l'épi).

Reçu pour publication en juin 1969.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. Kiss, des Établissements Maïs Angevin-Hodée, de nous avoir transmis cette souche pour notre étude.

SUMMARY

A NEW TYPE OF DWARFING IN MAIZE

A localized dwarfing that can be described as subapical, apparently entirely due to the reduction in length of the internodes situated above the ear's insertion node, is considered as a target for selection.

In line *K 257*, which displays dwarfing of this type, the affected internodes are very severely contracted. The sheath, limbs, panicles and ears, of which the height of insertion remains unchanged, appear normal.

This contraction phenomenon shows a certain degree of fluctuation in regard to the number and sequence of the affected internodes. The plant's level of vigour has a determining influence on this characteristic : the higher it is, the more internodes are contracted.

Crossing line *K 257* with normal lines (*FC 217, F 19, W 33*) and a normal single hybrid (*W 64 A* × *A 619*) produces F 1 normals.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON J. C., CHOW . N., 1962. Study of effects of dwarfing on corn. *N. J. Agric.*, **44**, nº 5 , p. 5.

FLEMING A. A., KOZELNICKY G. M., BROWNE E. B., 1964. Variations between stocks within long-time inbred lines of maize (*Zea Mays* L.). *Crop Sci.*, **4**, 291-294.

PENDLETON J. W., SEIF R. D., 1961. Plant population and row spacing studies with brachytic 2 dwarf corn. *Crop Sci.*, **1**, 433-435.

RICK C. M., BUTLER L., 1956. Cytogenetics of the Tomato. *Adv. Genet.*, 8, 267-371.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 353-355.

NOTE TECHNIQUE

SUR LA FACULTÉ DE RÉGÉNÉRATION DE PLANTES ENTIÈRES PAR CULTURE *IN VITRO* DU PÉDONCULE FLORAL DE *PETUNIA PENDULA*

G. PELLETIER et B. DELISE

Station centrale d'Amélioration des Plantes,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

INTRODUCTION

La différenciation d'une plante ne peut s'expliquer que par des niveaux de « répression » variables de l'ensemble des gènes suivant l'âge et la position des organes (CHOUARD et AGHION, 1961).

Le problème du choix du tissu capable de régénérer une plante par culture *in vitro* revient à celui de la connaissance du diagramme des potentialités de « dérépression génétique ».

Dans cette note, nous donnons un exemple de régénération spontanée chez le Pétunia, par culture du pédoncule floral. Il ne semble pas, dans l'état actuel de nos travaux qu'une autre partie de la plante ait exactement les mêmes capacités.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au cours des premières expériences, les fleurs ont été sectionnées au niveau du pédoncule, à 1 cm environ du réceptacle, à un stade où la corolle, non épanouie, dépasse en longueur le calice.

La stérilisation a été effectuée par immersion dans une solution d'hypochlorite de calcium à 40 g/l pendant trois minutes, suivie d'un rinçage à l'eau stérile.

Les fleurs ont été alors déposées sur des boîtes de Pétri contenant le milieu suivant :

Solution de macro-éléments de SKOOG diluée au 1/2.
Solution de micro-éléments de HELLER.

Na_2EDTA	37,25	mg/l
$FeSO_4$ (7 H_2O)	27,85	mg/l
Pantothénate de calcium	1	mg/l
Myo-inositol	10	mg/l
Biotine	0,01	mg/l
Acide nicotinique	1	mg/l
Thyamine	1	mg/l
Saccharose	20	g/l
Benzyl adénine	2	mg/l
Acide naphtalène acétique	1	mg/l
Agar	5	g/l

FIG. 1. — *Position des néoformations de bourgeons après trois semaines de culture*

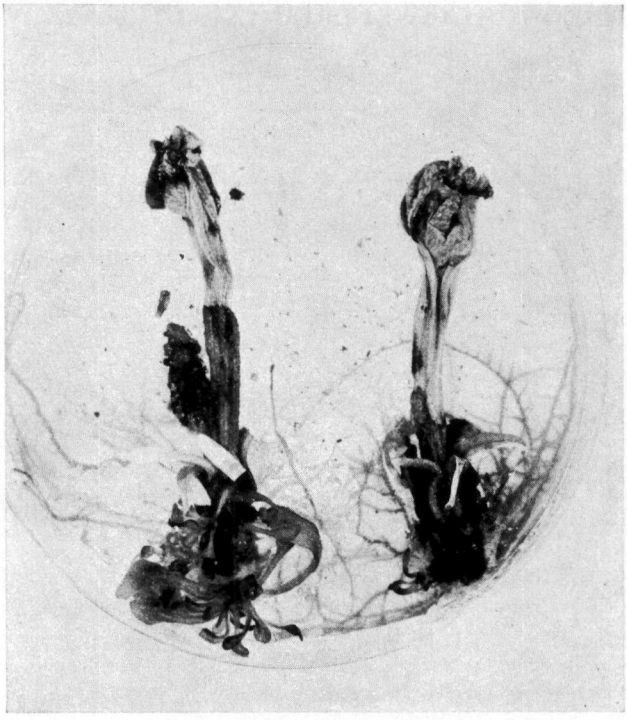


FIG. 2. — *Prolifération de bourgeons et de racines sur le pédoncule floral*

Les cultures ont été ensuite placées dans une enceinte climatisée, (23°-24°) et soumises à un éclairement en lumière fluorescente (tubes Sylvania Grolux) d'une durée de 16 heures par jour.

RÉSULTATS

On observe dans les jours qui suivent la mise en culture un épanouissement de la fleur. Le pédoncule floral et le réceptable restent verts. Au bout d'une dizaine de jours, on note un fort gonflement de la région pédonculaire et, une semaine plus tard, un bourgeonnement très dense (une centaine de bourgeons).

La formation de racines est plus tardive et ne semble pas coordonnée avec celle des bourgeons, chaque plantule n'ayant pas son propre système radiculaire ; mais il est cependant possible par éclatage, d'individualiser des petites plantes et de les repiquer en serre dans de la vermiculite arrosée par une solution nutritive classique. Jusqu'ici leur croissance paraît normale.

La présence de substances de croissance est nécessaire à l'initiation des bourgeons et des racines.

Une publication ultérieure plus complète fera le point des études systématiques précisant les conditions biologiques et techniques du phénomène.

Dans la mesure où ils pourraient être généralisés, ces résultats permettraient d'envisager des techniques augmentant le taux de multiplication végétative chez des espèces jusqu'ici difficiles à multiplier.

Reçu pour publication en octobre 1969.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHOUARD P., AGHION D., 1961. Modalités de la formation de bourgeons floraux sur des cultures de segments de tiges de tabac. *C. R. Acad. Sci., Sér. D*, **252**, (24), 3864-3866.

Ann. Amélior. Plantes, 1969, **19** (3), 357-358.

CHRONIQUE DES LIVRES

TH. DOBZANSKY et E. BOESIGER. — ESSAI SUR L'ÉVOLUTION, Masson, 182 p., 1968.

La renommée des auteurs de cet ouvrage autorise à attendre des vues très larges sur les phénomènes évolutifs. Le lecteur ne sera pas déçu, puisque, dès le premier chapitre, il sentira que les faits présentés sont avant tout choisis comme illustration des aspects philosophiques de l'évolution. Les auteurs lui feront mettre le doigt sur les points faibles de l'attitude cartésienne en face d'un phénomène aussi global que l'évolution. Tout naturellement, avec l'analyse des fardeaux génétiques en face des pressions de la sélection naturelle, apparaîtra l'impossibilité d'une remontée à partir des caractéristiques génétiques primaires jusqu'à la description d'un état résultant de leurs interactions multiples.

La spécialité en génétique des populations de Th. DOBZANSKY et E. BOESIGER les amène à présenter la partie « technique » de l'ouvrage : sélection sexuelle, isolement reproductif entre espèces, maintien de l'hétérogénéité des populations, cladogenèse par isolement sexuel, à la lumière d'une conception très globale des effets génétiques dépassant l'action d'un allèle individuel pour l'intégrer dans un contexte comprenant non seulement le génotype de l'individu mais la population toute entière tout en tenant compte de la notion de temps qui bien souvent avait été laissée dans l'ombre. Comme le souligne le professeur P.-P. GRASSÉ qui en a rédigé la présentation française : « la partie la plus originale du livre est assurément le chapitre intitulé, non sans courage, l'Évolution créatrice », et celui qui le précède : « l'Évolution en cours ».

Dans ces pages qui couronnent l'ouvrage, on peut réaliser l'insuffisance des effets purement aléatoires pour expliquer l'évolution qui apparaît non plus comme un simple choix dans des variations qui éclosent mais comme une construction permanente et nouvelle.

Toute l'attitude exprimée dans ce livre est riche d'enseignement pour les biologistes, surtout pour ceux qui s'attachent aux phénomènes d'ensemble dépassant les niveaux moléculaires et cellulaires. En tant qu'agronome je l'apprécie d'autant plus, mais (en tant qu'agronome, aussi) j'exprimerai une légère déception devant l'absence quasi totale d'illustrations prises dans le règne végétal, pourtant si riche sur ces questions.

Y. DEMARLY.

NEW APPROACHES TO BREEDING FOR IMPROVED PLANT PROTEIN. — Proceedings of a panel organized by the joint F.A.O./I.A.E.A Division of Atomic Energy in food and agriculture, and held in Röstanga, Sweden, from 17 to 21 June 1968. — Vienne, International Atomic Energy Agency, 1969, 193 p.

Ce volume contient les 17 rapports présentés lors d'un Séminaire organisé par la F.A.O et l'International Atomic Energy Agency à Röstanga (Suède) du 17 au 21 juin 1968, sur les nouvelles possibilités de sélection des plantes en vue d'une amélioration de leur teneur en protéines.

Ces rapports sont présentés sous 3 chapitres :

— Besoins en protéines dans le monde,

— Sélection en vue d'une amélioration quantitative et qualitative des protéines,

— Méthodes analytiques d'étude de la valeur des protéines.

KNIGHT (R. L.). — ABSTRACT BIBLIOGRAPHY OF FRUIT BREEDING AND GENETICS TO 1965. *Prunus*. — Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Technical Communication nº 31. Farnham Royal (Bucks, England), Commonwealth Agriculturea Bureau, 1969, 649 p.

Cet ouvrage fait suite aux volumes déjà parus (*Rubus* & *Ribes*, *Malus* & *Pyrus*) de la même série.

Il comporte 2 921 références analytiques d'articles et d'ouvrages parus jusqu'en 1965 et traitant de la génétique et de la sélection des amandiers, abricotiers, cerisiers, pêchers et pruniers.

Ces références sont classées par ordre alphabétique de noms d'auteurs. Trois annexes donnent respectivement : une liste des gènes, une liste des espèces mentionnées dans la bibliographie (classées selon REHDER, 1954), et une liste des incompatibilités.

Des index par variétés et un index général complètent cette publication qui rendra les plus grands services à tous ceux qui s'occupent de la sélection des variétés fruitières.

DARLINGTON C. D. ET LEWIS K. R., éd. — CHROMOSOMES TODAY, vol. 2, Oliver et Boyd, Edinburg, 1969, 285 p.

Fidèle à la formule du premier volume, cet ouvrage rassemble 37 communications ayant valeur de publications et 25 notes concernant des démonstrations, le tout, présenté à l'occasion d'un colloque réuni autour de C. D. DARLINGTON et de K. R. LEWIS, en septembre 1967.

Intéressantes dans leur ensemble, ces communications sont réparties en trois groupes extrêmement disparates où les chromosomes sont étudiés — au microscope optique, exclusivement — dans leurs relations avec la division, le développement et l'évolution. Polyploïdie et trisomie, mutations, remaniements spontanés et expérimentaux, chromosomes B et chromosomes sexuels, nucléoles, chiasmas, « puffs » des chromosomes polytènes, » Knobs » du maïs, eu- et hétérochromatine, évolution probable des formes, des nombres et de la teneur en DNA des chromosomes, production d'ARN, déterminisme de la méiose, et même divisions cellulaires fossiles, sont ainsi abordés sans fil conducteur dans ce recueil que l'on ne peut considérer que comme une bonne revue de cytogénétique publiée, malheureusement, avec retard. Les organismes étudiés sont naturellement aussi divers que les sujets, et vont des Champignons à l'Homme avec un mode très marqué pour les Insectes et les Végétaux supérieurs (Blé, Maïs, Pois, Orge, *Lathyrus*... pour ne citer que les espèces d'intérêt économique).

Présentant les avantages et les inconvénients des comptes rendus de colloques à sujet très vaste, celui-ci doit intéresser bon nombre de biologistes sans être pour autant un ouvrage de chevet.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; *le nom de l'établissement,* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds les dons... ; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet.* Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatres langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals,* ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.;* le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.
Il est rappelé que le format utile des Annales est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. MAYER, Centre national de Recherches agronomiques 78-Versailles (France). On demande deux exemplaires.

AMÉLIORATION DES PLANTES.

Le Directeur de la publication: M.-L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 12-1969

Dépôt légal: 4e trimestre 1969. N° d'impression: 1749.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

ANNALES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1969	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Prix T.T.C.

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

Le n° 1 ..... **11,20 F**

Souscription pour les 4 premiers numéros : ..... **35,00 F**

Recherches vétérinaires :

Le n° 1 ..... **22,30 F**

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1 ..... **16,75 F**

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Deuxième Congrès de l'Union phytopathologique méditerranéenne, Avignon-Antibes, 21-27 septembre 1969.

470 p., 1969 ..... **90,00 F**

Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, Versailles, 19 décembre 1967.

134 p., 1969 ..... **40,00 F**

Les techniques de mycologie en pathologie végétale, par **F. Rapilly**

107 p., 1968 ..... **15,00 F**

Applications de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales, publié sous la direction de **R. Vibert.**

276 p., 1968 ..... **35,00 F**

Les leucoses animales, par **C. Lombard.**

215 p., 1968 ..... **27,90 F**

Fermentations et vinifications. IIe symposium international d'œnologie tenu à Bordeaux-Cognac, les 13-17 juin 1967.

656 p., 2 volumes, 1968 ..... **68,00 F**

Bases et techniques d'une cartographie des sols, par **M. Jamagne.**

142 p. (dont 3 cartes des sols sous pochette annexe), 1967 ..... **45,00 F**

Carte pédologique de la France à l'échelle du millionième et notice explicative, par **J. Dupuis.**

56 p., 1967 ..... **61,50 F**

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot, 7e.

TABLE DES MATIÈRES

L. Decourtye et B. Lantin. — Contribution à la connaissance des mutants spurs de pommier ; hérédité du caractère 227
L. Degras et G. Doussinault. — L'herbe de Guinée ; orientations possibles de la sélection 239
C. Grassely. — Étude de la compatibilité de l'amandier (*Prunus amygdalus* L. batsch) greffé sur divers pruniers 265
D. Maizonnier. — Quelques aspects de la triploïdie chez le Trèfle violet (*T. pratense* L.) 277
H. Bannerot, M. Derieux, Lucette Thévenin, et J. Arnoux. — Résultats d'un essai comparatif de populations d'Asperge 289
H. Bannerot, M. Derieux et J. Arnoux. — Résultats d'un essai de densité de peuplement chez l'Asperge 325
P. Guy, J. Lecomte et C. Écalle. — Utilisation d'insectes pour la pollinisation de la luzerne en enceintes fermées 333
M. Pollacsek. — Un nouveau type de nanisme chez le Maïs 345

Note technique

G. Pelletier et B. Delise. — Sur la faculté de régénération de plantes entières par culture *in vitro* du pédoncule floral de *Petunia pendula* 353
Chronique des livres 357

CONTENTS

L. Decourtye and B. Lantin. — Contribution to the study of spur-type mutants of apple ; heredity of spur character 227
L. Degras and G. Doussinault. — Guinea grass, possible orientations of its selection .. 239
C. Grassely. — Compatibility of almond (*Prunus amygdalus*) on plum species rootstocks. 265
D. Maizonnier. — Some aspects of triploidy in red clover (*Trifolium pratense* L.) 277
H. Bannerot, M. Derieux, Lucette Thévenin and J. Arnoux. — Results from a comparative trial with asparagus populations 289
H. Bannerot, M. Derieux and J. Arnoux. — Results from a spacing trial in Asparagus .. 325
P. Guy, J. Lecomte and C. écalle. — Use of insects for pollinating lucerne in closed units 333
M. Pollacsek. — A new type of dwarfing in Maize 345

Technical Note

G. Pelletier and B. Delise — Possibility of regeneration of whole plants thanks to a culture *in vitro* of *Petunia Pendula* floral shoots 353
Book review 357

I. N. 9. 036 013. 5